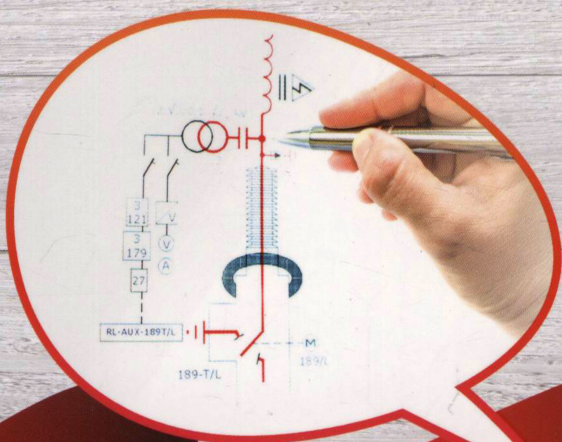




电工电子名家畅销书系

电工电路识图

王学屯 主编



咱得这么学

- 名家荟萃，引领巅峰之作
- 梦回课堂，重温异样经典
- 学而时习，开启新学时代
- 精选专题，实现无缝对接



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



电工电子名家畅销书系

电工电路识图咱得这么学

王学屯 主编



机械工业出版社

本书从了解电工电路图识图基础开始，分别介绍了必须掌握的基本元件和器件，电气图识图，电子应用电路识图，建筑电气工程图识图，常用低压电器及控制电路图识图，电工测量电路图识图，供配电系统电气图识图等。全书原理详细、电路新颖、插图精美、资料珍贵、通俗实用。

本书适合工厂维修电工、建筑电工、电工、各种技能培训和维修人员学习使用，也可作为职业院校或相关技能培训机构的培训教材。

图书在版编目（CIP）数据

电工电路识图咱得这么学/王学屯主编. —北京：
机械工业出版社，2017.4

（电工电子名家畅销书系）

ISBN 978-7-111-56268-9

I. ①电… II. ①王… III. ①电路图—识别
IV. ①TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2017）第 046910 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：任 鑫 责任编辑：王 欢

责任校对：樊钟英 封面设计：马精明

责任印制：李 昂

河北鹏盛贤印刷有限公司印刷

2017 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 16.25 印张 · 387 千字

0001—3000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-56268-9

定价：49.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线：010-88361066

机工官网：www.cmpbook.com

读者购书热线：010-68326294

机工官博：weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网：www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网：www.cmpedu.com

出版说明

我国经济与科技的飞速发展，国家战略性新兴产业的稳步推进，对我国科技的创新发展和人才素质提出了更高的要求。同时，我国目前正处在工业转型升级的重要战略机遇期，推进我国工业转型升级，促进工业化与信息化的深度融合，是我们应对国际金融危机、确保工业经济平稳较快发展的重要组成部分，而这同样对我们的人才素质与数量提出了更高的要求。

目前，人们日常生产生活的电气化、自动化、信息化程度越来越高，电工电子技术正广泛而深入地渗透到经济社会的各个行业，促进了众多的人口就业。但不可否认的客观现实是，很多初入行业的电工电子技术人员，基础知识相对薄弱，实践经验不够丰富，操作技能有待提高。党的十八大报告中明确提出“加强职业技能培训，提升劳动者就业创业能力，增强就业稳定性”。人力资源和社会保障部近期的统计监测却表明，目前我国很多地方的技术工人都处于严重短缺的状态，其中仅制造业高级技工的人才缺口就高达 400 多万人。

秉承机械工业出版社“服务国家经济社会和科技全面进步”的出版宗旨，60 多年来我们在电工电子技术领域积累了大量的优秀作者资源，出版了大量的优秀畅销图书，受到广大读者的一致认可与欢迎。本着“提技能、促就业、惠民生”的出版理念，经过与领域内知名的优秀作者充分研讨，我们于 2013 年打造了“电工电子名家畅销书系”，涉及内容包括电工电子基础知识、电工技能入门与提高、电子技术入门与提高、自动化技术入门与提高、常用仪器仪表的使用以及家电维修实用技能等。本丛书出版至今，得到广大读者的一致好评，取得了良好社会效益，为读者技能的提高提供了有力的支持。

随着时间的推移和技术的不断进步，加之年轻一代走向工作岗位，读者对于知识的需求、获取方式和阅读习惯等发生了很大的改变，这也给我们提出了更高的要求。为此我们再次整合了强大的策划团队和作者团队资源，对本丛书进行了全新的升级改造。升级后的本丛书具有以下特点：①名师把关品质最优；②以就业为导向，以就业为目标，内容选取基础实用，做到知识够用、技术到位；③真实图解详解操作过程，直观具体，重点突出；④学、思、行有机地融合，可帮助读者更为快速、牢固地掌握所学知识和技能，减轻学习负担；⑤由资深策划团队精心打磨并集中出版，通过多种方式宣传推广，便于读者及时了解图书信息，方便读者选购。

本丛书的出版得益于业内顶尖的优秀作者的大力支持，大家经常为了图书的内容、表达等反复深入地沟通，并系统地查阅了大量的最新资料 and 标准，更新制作了大量的操作现场实景素材，在此也对各位电工电子名家的辛勤的劳动付出和卓有成效的工作表示

感谢。同时，我们衷心希望本丛书的出版，能为广大电工电子技术领域的读者学习知识、开阔视野、提高技能、促进就业，提供切实有益的帮助。

作为电工电子图书出版领域的领跑者，我们深知对社会、对读者的重大责任，所以我们一直在努力。同时，我们衷心欢迎广大读者提出您的宝贵意见和建议，及时与我们联系沟通，以便为大家提供更多高品质的好书，联系信箱为 balance008@126.com。

机械工业出版社

本书注重“精、细、美”，即在章节选材上尽量“经典、精炼”；在内容上“细致入微”，贴近初学者的实际需要；呈现的图片“精美”，让读者不光是识图，更是对图片的一种欣赏。

本书有以下特点：

☆ **突出了要怎么学，怎么学才会轻松。**本书内容设计上是从基础知识入门开始，语言平实，内容相对丰富，几乎涉及了各个方面。为了突出简单、容易的特点，书中大量使用了图解的形式，以图代文，以使读者更为清晰、准确地学习知识、掌握技能。此外，辅以重点文字的加粗提醒，助记口诀和经验分享，从而提高了读者的阅读体验，真正做到了让读者学习知识轻松、容易。

☆ **内容上由浅入深。**从本书内容架构上来说，可谓特点十足，既有基础知识的讲解，也有实际运用的分析，还有课后联系思考。可谓全方位立体式地为初学者打造了一个学、用、行的学习环境。

☆ **实用性。**本书的内容选取了实际工作中会直接用到的知识和技能、技巧，以实物图、实际操作图片的形式进行了全方位的展示，可让读者在阅读的同时有身临其境的感觉，进一步提升读者的阅读体验。

☆ **易学性。**让读者做到一读就懂、答疑解惑，帮助读者快速掌握识图知识和技能。对于重点、难点、易错点利用不同的字体进行区分表示，提醒读者引起注意。因此，书中穿插给出了“技巧点拨”“经验分享”“重要提醒”“工作原理”“需要了解”和“解疑答问”等内容，可进一步帮助读者快速掌握实际问题的解决方法，增强本书的易学性。

☆ **插图精美。**以大量的实物图直观展示，方便初学者认识与学习。

本书适合农村电工、各种技能培训或维修人员学习使用，也可作为职业院校或相关技能培训机构的培训教材。

本书由王学屯担任主编，参加编写的还有王昱敏、王米米、高选梅、孙文波、刘军朝、王江南、王学道、张建波、张建春等。在本书的编写过程中参考了大量的参考文献，书后只列出了一部分，在此，对这些参考文献的作者深表感谢！

由于编者水平有限，且时间仓促，本书难免有错误和不妥之处，恳请各位读者批评指正，在此表示感谢。

编者



出版说明
前言

第 I 篇 “学”——打好筑基，做好准备

第 1 章 从了解电工电路图识图基础开始 3

- 1.1 电气图的基本构成 3
 - 1.1.1 图纸幅面的一般规定 3
 - 1.1.2 电气图的组成 8
- 1.2 电气图形符号 8
 - 1.2.1 常见元器件的结构及电气图形符号 8
 - 1.2.2 文字符号 10
 - 1.2.3 项目代号 11
 - 1.2.4 回路标号 13
- 1.3 认识常用电气图 13
 - 1.3.1 电气图的种类 13
 - 1.3.2 弱电电路图的类型 14
 - 1.3.3 强电电路图的类型 15
- 1.4 我来做——基础知识的掌握 18
- 习题 1 18

第 2 章 必须掌握的基本元件和器件 20

- 2.1 基本电子元件 20
 - 2.1.1 电阻器 20
 - 2.1.2 电容器 22
 - 2.1.3 电感器和变压器 22
 - 2.1.4 二极管 24
 - 2.1.5 晶体管 25
- 2.2 常用低压电器 25
 - 2.2.1 低压熔断器 25
 - 2.2.2 开关与主令电器 27

2.2.3 低压断路器 (自动开关)	31
2.2.4 交流接触器	33
2.2.5 继电器	35
2.3 我来做——认识元器件	40
习题2	40

第Ⅱ篇 “思”——解答疑难, 清除障碍

第3章 电气图识图 45

3.1 电气图识图的要求和步骤	45
3.1.1 识图的基本要求	45
3.1.2 识图的基本步骤	46
3.2 弱电识图的基本方法	47
3.2.1 识读电路图的要求	47
3.2.2 弱电识图的基本方法	50
3.3 强电识图的基本方法	51
3.3.1 电气控制电路识图要点和步骤	51
3.3.2 识读强电图应具备的知识技能和注意事项	53
3.4 我来做——清除障碍	54
习题3	54

第Ⅲ篇 “行”——学以致用, 攻坚克难

第4章 电子应用电路识图 57

4.1 电阻器的应用电路识图	57
4.1.1 电阻器串联分压	57
4.1.2 电阻器并联分流	59
4.2 电容器应用电路识图	60
4.2.1 电容器的滤波、退耦	60
4.2.2 电容器的耦合、旁路	61
4.2.3 X电容器、Y电容器	61
4.2.4 调谐、谐振电容器	62
4.3 电感器与变压器应用电路识图	62
4.3.1 电感器的滤波	62
4.3.2 电感器的谐振	62
4.3.3 电感器的共模、差模	63
4.3.4 变压器的应用	64
4.4 二极管应用电路识图	65
4.4.1 整流二极管及整流桥的应用	65

4.4.2	稳压二极管的应用	67
4.4.3	保护二极管的应用	67
4.4.4	开关二极管的应用	68
4.5	晶体管应用电路识图	68
4.5.1	晶体管的放大应用	68
4.5.2	晶体管的开关应用	70
4.6	发光二极管应用电路识图	71
4.6.1	发光二极管电源指示灯电路	71
4.6.2	LED 数码管应用电路	72
4.7	识图实例指南	74
4.7.1	框图的识图技巧	74
4.7.2	电路图的识图技巧	76
4.7.3	印制电路图的识图技巧	78
4.7.4	识图之一——串联型稳压电源电路原理图	78
4.7.5	识图之二——电视机串联型稳压电源电路原理图	79
4.7.6	识图之三——功放电源电路原理图	81
4.7.7	识图之四——照明灯晶闸管调光电路原理图	81
4.7.8	识图之五——电子式荧光灯电路框图及原理图	83
4.7.9	识图之六——消防应急灯电路原理图	85
4.8	我来做——电子电路图识图	86
习题 4		86

第 5 章 建筑电气工程图识图 88

5.1	建筑电气施工平面图分类	88
5.2	建筑电气图的识读步骤	89
5.3	电气照明施工图识图要点	90
5.4	导线和电气设备的标注方式	91
5.4.1	导线的标注方式	91
5.4.2	电气设备的标注方式	92
5.4.3	绝缘导线的识别标记及标注方法	92
5.5	家装电气图识图	95
5.5.1	照明电路原理图识图	95
5.5.2	电气平面图识图	97
5.5.3	电气系统图识图	99
5.5.4	照明接线的表示方法	104
5.5.5	标准层插座平面图的识读	105
5.5.6	标准层照明平面图识图	106
5.5.7	办公实验楼插座、照明工程图识图	107
5.6	建筑安全系统电气图识图	115

5.6.1 楼宇对讲系统电气图识图	115
5.6.2 火警自动报警及联动控制系统工程图识图	120
5.6.3 火警报警与消防联动控制系统图识图	122
5.6.4 火警报警与消防联动控制系统平面图识图	125
5.6.5 建筑供电系统中性点接地方式识图	125
5.7 我来做——建筑电气工程图识图	130
习题5	130
第6章 常用低压电器及控制电路图识图	132
6.1 识图前需要知道的	132
6.1.1 低压电器的组成	132
6.1.2 控制电路图的规定	135
6.1.3 电气图的表示方法	135
6.1.4 电气元件的基本表示方法	137
6.1.5 电气原理图中的主电路和辅助电路	138
6.1.6 控制电路识图的基本方法、技巧和要点	139
6.1.7 从识读常见基本电气控制单元电路开始	141
6.1.8 触头串联电路	143
6.1.9 触头并联电路	148
6.2 低压电器控制电路识图	149
6.2.1 三相异步电动机的手动正转控制电路识图	149
6.2.2 三相异步电动机点动正转控制电路识图	150
6.2.3 异步电动机自锁正转控制电路识图	151
6.2.4 三相异步电动机正、反转控制电路识图	153
6.3 电动机控制电路接线图识图	157
6.3.1 线束法安装接线图识图	157
6.3.2 散线法安装接线图识图	159
6.3.3 相对编号法安装接线图识图	160
6.3.4 电气安装接线图识图	160
6.4 机床电气控制电路识图	161
6.4.1 机床电气控制电路识图要点	161
6.4.2 组合机床控制电路的基本环节	161
6.4.3 CM6132 型车床电气控制电路图识图	163
6.4.4 X62W 铣床控制电路图识图	166
6.5 我来做——低压电器控制电路图识图	172
习题6	172
第7章 电工测量电路图识图	174
7.1 电流测量电路图识图	174

7.1.1 直流电流测量电路图识图	174
7.1.2 交流电流测量电路图识图	175
7.2 电压测量电路图识图	178
7.2.1 直流电压测量电路图识图	178
7.2.2 交流电压测量电路图识图	179
7.3 功率测量电路图识图	181
7.3.1 有功功率测量电路图识图	182
7.3.2 无功功率测量电路图识图	184
7.4 电能测量电路图识图	185
7.4.1 单相有功电能测量电路图识图	185
7.4.2 三相有功电能测量电路图识图	186
7.4.3 三相无功电能测量电路图识图	188
7.5 我来做——电工测量电路识图	188
习题7	188

第8章 供配电系统电气图识图 189

8.1 供配电系统概述	189
8.2 配电线路及其主要组成部件	191
8.2.1 配电线路	191
8.2.2 配电线路的主要组成部件	191
8.3 电气主接线的基本接线形式	193
8.3.1 电气主接线的基本形式	193
8.3.2 几种母线连接形式识图	194
8.3.3 配电线路的连接方式识图	200
8.4 主接线图识图	203
8.4.1 变配电站电气主接线图识图步骤	203
8.4.2 系统式主接线图识图	205
8.4.3 35kV/6~10kV 总降压变电站主接线图识图	207
8.4.4 两台110kV 主变压器变电站主电路图的识图	208
8.4.5 6~10kV/0.4kV 高压变配电站主电路图识图	210
8.4.6 工厂10kV 配电站主接线的识图	211
8.5 二次接线图识图	212
8.5.1 二次接线图简介	212
8.5.2 二次设备电路图的特点	213
8.5.3 二次回路图的识图实例	214
8.6 照明系统的识图	216
8.6.1 照明系统供电方式的识图	216
8.6.2 某车间照明系统的识图	218
8.6.3 照明系统供电方式的识图	220

8.7 我来做——供配电线路识图	222
习题 8	222

第Ⅳ篇 “结”——总结经验，再接再厉

第 9 章 总结及部分习题答案	225
9.1 电气简图用图形符号	225
9.2 建筑、照明用图形符号	232
9.3 继电器、断路器类型号含义	238
9.4 供配电用图形符号	239
9.5 我来做答案	240
参考文献	248

Ω

$\mathcal{R}$

$\mathcal{K}$

Article I

第 I 篇

“学”——打好筑基，做好准备

Φ

，
，
、
。

从了解电工电路图 识图基础开始



1.1 电气图的基本构成

1.1.1 图纸幅面的一般规定

【基本知识点】 图纸幅面及尺寸的规定

电气图的图纸幅面一般分为五种，即 0 号图纸、1 号图纸、2 号图纸、3 号图纸和 4 号图纸，分别用 A0、A1、A2、A3 和 A4 来表示。图纸幅面尺寸具体数据如表 1-1 所示。

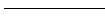
表 1-1 图纸幅面尺寸具体数据 (单位: mm)

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
宽 × 长	841 × 1189	594 × 841	420 × 594	297 × 420	210 × 297

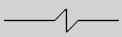
【重要知识点】 图形用线的规定

图形用线国家标准中规定了九种：粗实线、中实线、细实线、波浪线、双折线、虚线、细点画线、粗点画线、双点画线。各种图线的形式、宽度及应用如表 1-2 所示。线宽度一般为 0.25mm、0.35mm、0.5mm、0.7mm、1.0mm 及 1.4mm。以粗实线宽度 b 为准，通常在同一张图中只选用 2~3 种宽度的图线，粗线的宽度为细线的 2~3 倍。图中平行线的最小间距应不小于粗线宽度的 2 倍，且不小于 0.7mm。

表 1-2 图线的形式、宽度及应用

序号	名称	代号	形 式	宽度	应用 实例
1	粗实线	A		b	简图主要用线、可见轮廓线、可见过渡线、可见导线、图框线等
2	中实线			约 $b/2$	土建平、立面图上门、窗等的外轮廓线（中实线-非国家标准规定，因绘图需要而列此项）
3	细实线	B		约 $b/3$	尺寸线、尺寸界限、剖面线、分界线、范围线、辅助线、弯折线、指引线等

(续)

序号	名称	代号	形 式	宽度	应用 实例
4	波浪线	C		约 $b/3$	未全画出的折断界线、中断线、局部剖视图或局部放大图的边界线等
5	双折线 (折断线)	D		约 $b/3$	被断开部分的边界线
6	虚线	F		约 $b/3$	不可见轮廓线、不可见过渡线、不可见导线、计划扩展内容用线、地下管道(粗虚线 b)、屏蔽线
7	细点画线	G		约 $b/3$	物体(建筑物、构筑物)的中心线、对称线、回转体轴线、分界线、结构框线、功能框线、分组框线
8	粗点画线	J		b	表面的表示线、平面图中大型构件的轴线位置线、起重机轨道、有特殊要求的线
9	双点画线	K		约 $b/3$	运动零件在极限或中间位置时的轮廓线、辅助用零件的轮廓线及其剖视图中被剖去的前面部分的假象投影轮廓线、中断线、辅助框线

【技巧点拨 1】 指引线的用法

指引线用于指示注释的对象，其末端指向被注释处，并在某末端加注以下标记。指引线的用法如图 1-1 所示。

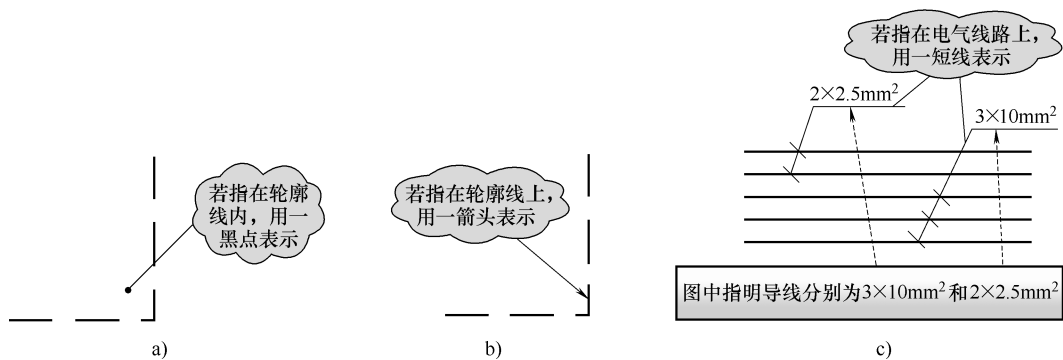


图 1-1 指引线的用法

【技巧点拨 2】 图线的连续表示法及标志

连接线可用多线或单线表示，其目的是避免线条太多，保持图面的清晰。对于多条去向相同的连接线，常采样单线表示法，如图 1-2 所示。

当导线汇入用单线表示的一组平行连接线时，在汇入处应折向导线走向，而且每根导线两端应采用相同的标记号。汇入导线在电子电路图中常称为总线，如图 1-3 所示。

【重要知识点】 总线连接的特点

识别总线电路的连接：采用相同的网络标签标志的多个电气意义上的点，被视为同一导

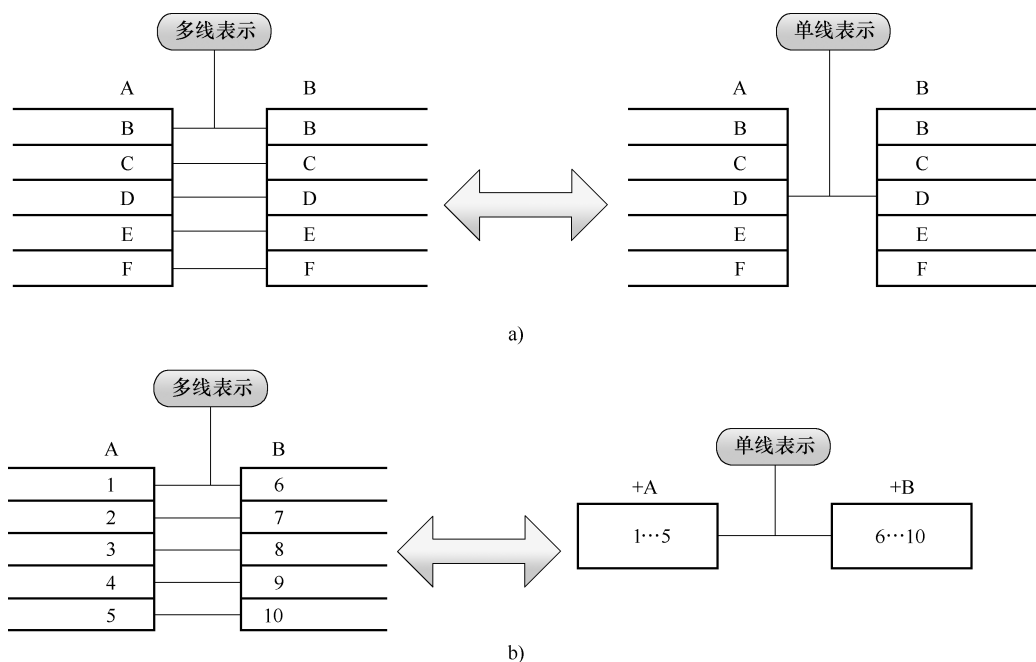


图 1-2 多线、单线表示法



『学』

打好筑基，做好准备

线上的点，即在不用导线实际连接的情况下，采用相同的网络标签的信号点是连接在一起的，如图 1-4 所示。因此，在绘制复杂的电路原理图时，采用网络标签可以简化原理图的设计。

【重要提醒】 连接线的识别标记一般在靠近连接线的上方，也可在中断处标出，如图 1-5a、b 所示。多根导线的简化画法形式如图 1-5c 所示。

【技巧点拨 3】 图线的中断表示法及其标志

为了简化线路图或使多图采用相同的连接表示，连接线一般采用中断表示法，也就是在同张图中断处的两端给出相同的标记号，并给出导线连接线去向的箭头，如图 1-6 所示 G。对于不同图，应在中断处采用相对标记法，即中断处标记名相同，并标注“图序号/图区位置”。如图 1-6 所示，对于断点 L，在第 20 号图上标有“L3/C4”，它表示 L 中断处与第 3 号图的 C 行 4 列处的断点 L 连接；而在第 3 号图上标有“L20/A4”，它表示 L 中断处与第 20 号图的 A 行 4 列的断点 L 相连。

对于接线图，中断表示法的标注采用相对标注法，即在本元器件的出线端标注去连接的对方元器件的端子号，如图 1-7 所示。从图中可以看到 PL 元器件的 1 号端子与 CP 元器件的 2 号端子相连接，而 PL 元器件的 2 号端子与 CP 元器件的 1 号端子相连接。

【标准规定】 标注的规定

按国家标准规定，标注的汉字、数字和字母，都必须做到“字体端正、笔画清楚、排列整齐、间距均匀”。

汉字应写成长仿宋体，并应采用国家正式公布的简化字。字体的号数，即字体的高度分为 20、14、10、7、5、3.5、2.5（单位为 mm），字体的宽度约等于字体高度的 2/3，数字



『学』

——打好筑基，做好准备

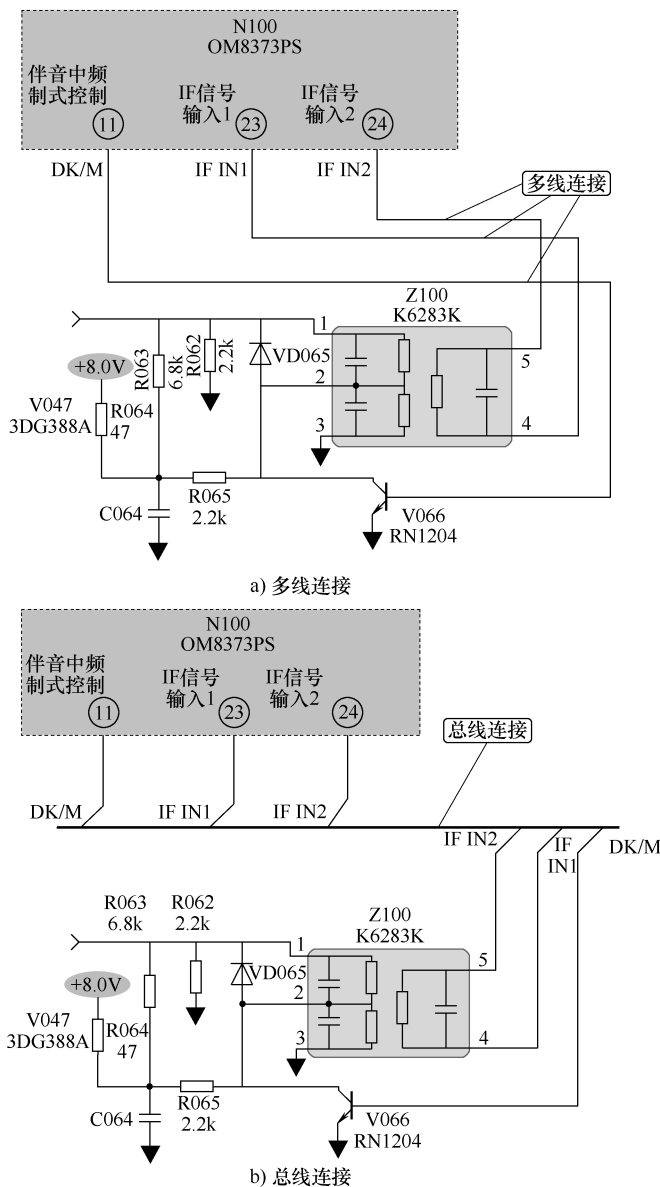


图 1-3 导线汇入表示法

及字母的笔画宽度约为字体高度的 1/10。

数字和字母分为正体和斜体两种，常用的是斜体，斜体的字头向右倾斜，与水平线约成 75°角。

【标准规定】 图样比例的规定

图样的比例是指图形的大小与实际物件的大小之比。电气图需要按比例绘制，用于安装电气设备及布线的简图，如平面图、剖面布置图等，一般在 1:10、1:20、1:50、1:100、1:200 及 1:500 比例系列中选用。

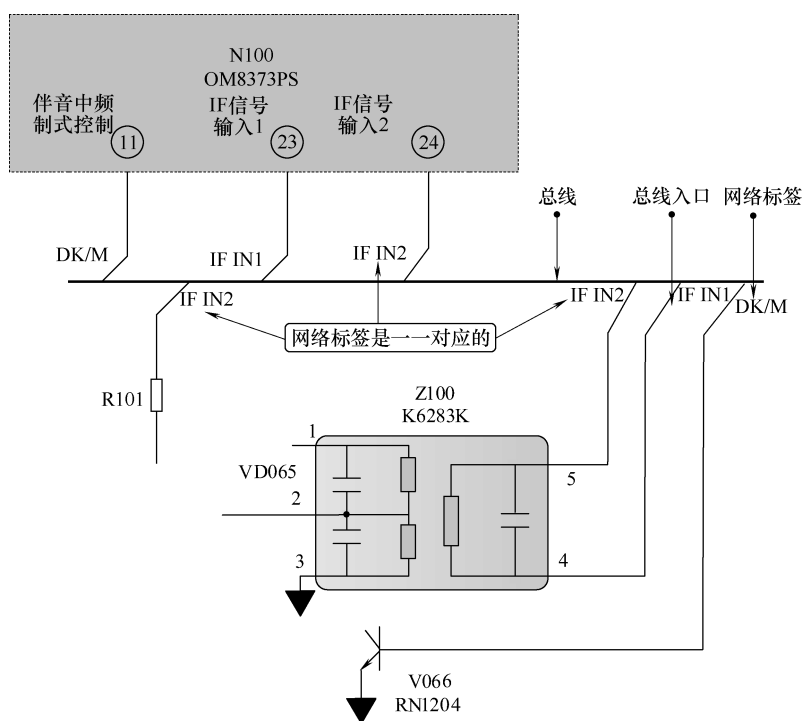


图 1-4 总线、网络标签

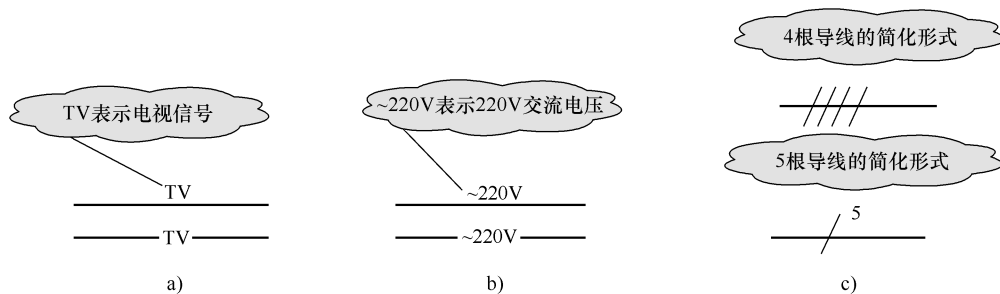


图 1-5 连接线的标记

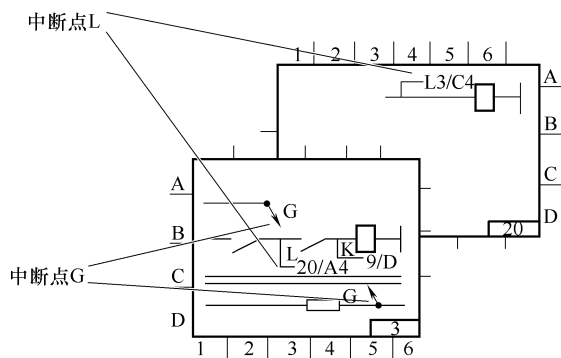


图 1-6 中断表示及其标志

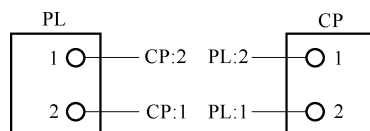


图 1-7 中断表示法的相对标注



1.1.2 电气图的组成

电气图一般由电气图表、技术说明、主要电气设备或元件明细表和标题栏四部分组成。电气图表是电气图的主要部分，所以一般又把电气图表称为电气图。电气图的组成如表 1-3 所示。

表 1-3 电气图的组成

组 成	主 要 内 容
1. 电气图表	电气图表是用国家统一规定的电气图形符号和文字符号表示电路中电气设备（或元件）相互关系的图形。它是用来表示设计思想和设计意图的图形，通过它可以搞清电气系统或设备中各部分之间、各元器件之间及它们相互间的连接关系，并能进一步了解其原理、功能和动作顺序
2. 技术说明	技术说明又称为技术要求，是用以注明电气图表中相关是技术要求、安装要求及未尽事项的文字。技术说明的书写位置在各种电路中有所不同。例如，在主回路（一次回路）图中，技术说明书写在图的右下方，标题栏的上方；在副电路（二次回路）图中，技术说明书写在图的右上方
3. 主要电气设备（元件）明细表	电气设备明细表用来注明电气图表中主要电气设备或元件的代号、名称、型号、规格、数量和说明，它是识图、订货、安装时的重要依据。明细表在不同电路中的列写方面也不同。例如，在主电路图中，明细表一般在图的右上方，由上而下逐项列出；在副电路图中，明细表一般在图的右下方，紧接标题栏之上，自下而上逐项列出
4. 标题栏	标题栏又称为图标，用于标注电气工程名称、设计类别、设计单位、图名、图号、比例、尺寸单位及设计人、制图人、描图人、审核人、批准人的签名和日期等。标题栏一般在图的右下角。标题栏是电气设计图的重要技术档案，各栏目中的签名人对图中的技术内容承担相应的责任。识图时首先应看标题栏

1.2 电气图形符号

1.2.1 常见元器件的结构及电气图形符号

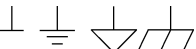
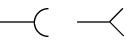
如果将各种器件一一描绘成实际的形态，那将是复杂甚至不可能的。因此，用尽可能简洁的形式，规定了一些简单的书写符号，这些符号称为电气图形符号。

我国现行电气图形符号执行标准GB/T 4728，一般来说应执行这个标准。

【标准规定】 常用图形符号

常用图形符号表 1-4 所示。

表 1-4 常用图形符号

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	直流		分路器
	交流		导线连接
	接地		插座（内孔的）或插座的一个极

(续)

图形符号	说 明	图 形 符 号	说 明
	保护接地		可拆卸端子
	电阻器		端子
	可变电阻器		插头
	压敏电阻器		电感器
	热敏电阻器		带磁心电感器
	滑动电位器		变压器
	加热元件		自耦变压器
	电容器		电流互感器
	有极性电容器		可变电感器
	可变电容器		三根导线
	二极管		电池
	发光二极管		熔断器 (俗称保险)
	稳压二极管		晶体振荡器
	晶闸管		天线
	双向二极管		电流表
	双向晶闸管		电压表
	PNP 型晶体管		直流发电机
	NPN 型晶体管		直流电动机
	光敏晶体管		交流电动机
	光耦合器		交流发电机
	单结晶体管		三相交流异步电动机
	结型场效应晶体管 (N 沟道)		传声器



『学』

——打好筑基，做好准备

(续)

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	绝缘栅型场效应晶体管 (P 沟道)		运算放大器
	继电器、接触器线圈		蜂鸣器
	灯		常闭（动断）触头
	常开（动合）触头		手动开关
	先断后合转换开关		常开按钮开关
	常闭按钮开关		多极开关
	多位开关		接触器常闭触头
	断路器		隔离开关
	扬声器		

1.2.2 文字符号

文字符号是表示电气设备、装置、电气元件的名称、状态和特征的字符代码。

电气技术中的文字符号分为基本文字符号和辅助文字符号两类。常用单字母文字符号如表 1-5 所示。常用双字母文字符号如表 1-6 所示。常用辅助文字符号如表 1-7 所示。

表 1-5 常用单字母文字符号

字 母 代 码	项 目 种 类	举 例
A	组件、部件	分立元件分电器、印制电路板等
B	变换器（从非电量到电量或相反）	热电传感器、热电池、光电池、麦克风、扬声器、耳机等
C	电容器	可变电容器、微调电容器、极性电容器等
D	二进制单元、存储器件	数字集成电路和器件、双稳态器件、单稳态器件、寄存器
E	杂项	光敏器件、热器件
F	保护器件	熔断器、过电压放电器件、避雷器
G	发电机、电源	旋转发电机、蓄电池等
H	信号器件	光指示器、声指示器
K	继电器、接触器	电流继电器、交流接触器等
L	电感器、电抗器	感应线圈、电抗器等
M	电动机	电动机、同步电动机等
N	模拟集成电路	运算分电器、模拟-数字混合器件
P	测量设备、实验设备	测量设备、信号发生器、时钟等
Q	电力电路的开关	断路器、隔离开关等

(续)

字母代码	项目种类	举 例
R	电阻器	可变电阻器、电位器、变阻器、分流器、热敏电阻等
S	控制电路的开关、选择器	控制开关、按键、限制开关、选择开关、选择器等
T	变压器	电压互感器、电流互感器
U	调制器、变换器	鉴频器、解调器、变频器、编码器、逆变器、变流器等
V	半导体器件	晶体管、晶闸管、二极管等
W	传输通道、天线	导线、电缆、母线、偶极天线、抛物面天线等
X	电阻、插头、插座	插头和插座、端子板、焊接端子、连接片等
Y	电气操作的机械装置	制动器、离合器等
Z	滤波器、均衡器、限幅器	晶体滤波器、网络等

表 1-6 常用双字母文字符号

名 称	双 字 母	名 称	双 字 母	名 称	双 字 母
直流电动机	MD	蓄电池	GB	时间继电器	KT
交流电动机	MA	自耦变压器	TA	电压继电器	KV
同步电动机	MS	整流变压器	TR	接触器	KM
隔离开关	QS	电流互感器	TA	热继电器	KH
刀开关	QK	电压互感器	TV	电位器	RP
断路器	QF	熔断器	FU	端子板	XT
控制开关	SA	照明灯	EL	连接片	XB
微动开关	SS	指示灯	HL	箭头	XP
按钮开关	SB	电流表	PA	插座	XS

表 1-7 常用辅助文字符号

名 称	符 号	名 称	符 号	名 称	符 号
电压	V	黄	YE	反	R
电流	A	白	WH	红	RD
时间	T	蓝	BL	绿	GN
闭合	ON	直流	DC	压力	P
断开	OFF	交流	AC	自动	A, AUT
同步	SYN	停止	STP	手动	M, MAN
异步	ASY	控制	C	信号	S

1.2.3 项目代号

在电气图上通常对一个图形符号表示的基本元器件、部件、组件、功能单元、设备、系统等称为项目。

由于项目代号是以一个系统、成套装置或设备的依次分解为基础来编制的，建立了图形



『学』

打好筑基，做好准备



符号与实物间一一对应的关系，因此可以用来识别、查找各种图形符号所表示的元器件、装置和设备，以及它们的隶属关系、安装位置。

项目代号由高层代号（=）、位置代号（+）、种类代号（-）、端子代号（:）根据不同场合的需要组合而成。它们分别用不同的前缀符号来识别。前缀符号后面跟字符代码，字符代码可由字母、数字或字母加数字构成。

【标准规定 1】 高层代号

系统或设备中任何较高层次（对给予代号的项目而言）项目的代号，称为高层代号，如电力系统、变电站、电力变压器、电动机等。由于各类子系统或成套配电装置、设备的划分方法不同，某些部分对其所属的下一级项目就是高层代号。

高层代号的字符代码由字母和数字组合而成，有多个高层代号时可以进行复合，但应注意将较高层次的高层代号标注在前面。例如，“= P5 = T6”表示有两个高层次的代号 P5、T6，T6 属于 P5。这种情况也可复合表示为“P5T6”。

【标准规定 2】 位置代号

位置代号（+）是项目在组件、设备、系统或建筑物中实际位置的代号。位置代号通常由自行规定的字母及数字组成。在使用位置代号时，应画出表示该项目位置的示意图。图 1-8 所示为某学院的电器中央控制室，内有多列控制屏。各列用字母表示，各屏用数字表示，则位置代号用字母和数字组合而成表示。例如，A 列屏的第 3 号控制屏的位置代号表示为“+ A + 3”，它安装在 218 室，则全称表示为“+ 218 + A + 3”。

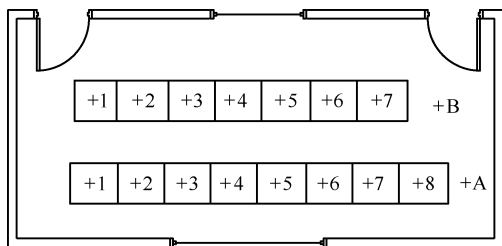


图 1-8 位置代号示意图

【标准规定 3】 种类代号

种类代号（-）是用于识别所指项目属于什么种类的一种代号，是项目代号中的核心部分。种类代号通常由 3 种不同的表达式如表 1-8 所示。

表 1-8 种类代号的 3 种不同表达式

表达形式	图 例	备 注
字母 + 数字	“—K2”表示第 2 号继电器、“—M4”表示第 4 台电动机	种类代号字母采用文字符号中的基本位置符号，一般是单字母，不能超过双字母
数字序号	“—5”代表 5 号项目，在技术说明书中必须说明“5”代表的种类	这种表达式不分项目的类别，所有项目按顺序统一编号，方法简单，但不易识别项目的种类。因此，须将数字序号和代表的项目种类列成表，置于图中或图后，以利识读
分组编号	“—2”表示电动机，—201、—202、—203、…表示第 1、2、3、…台电动机	数码代号第 1 位数字的意义可自行确定，后面的数字序号可以为两位数

【标准规定 4】 端子代号

端子代号是指项目（如成套柜、屏）内、外电路进行电气连接的接线端子的代号。电气图中端子代号的字母必须大写。

端子代号可标注在端子代号的附近，不画小圆的端子则将端子代号标注在符号引线附近，标注方向以看图方向为准。在画有框的功能单元或结构单元中，端子代号必须标注在框内，如图 1-9 所示。图 1-9a 所示电缆 -W55 的相应芯线接到远端 +B5-X1 的端子 30~34 及 PE 上，如图 1-9b 所示。

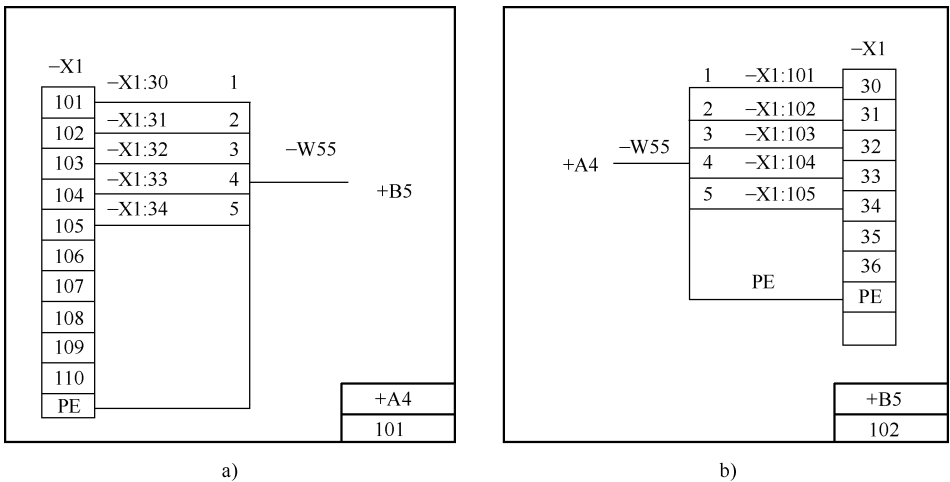


图 1-9 端子代号的标注

1.2.4 回路标号

电路图中用来表示各回路的种类和特征的文字符号和数字标号，通称为回路标号。回路标号的一般原则如下：

- 1) 由电气设备的线圈、绕组、电阻、电容、各类开关、触头等分隔开的线段，应视为不同的线段，标注不同的回路标号。
- 2) 回路标号按照“等电位”原则进行标注。等电位的原则是指电路中连接在一点上的所有导线具有同一电位而标注系统的回路称号。
- 3) 在一般情况下，回路标号由三位或三位以下的数字组成。以个位代表相别，如三相交流电路的相别分别为 1、2、3；以个位奇偶数区别回路的极性，如直流回路的正极侧用奇数，负极侧用偶数。以标号中的十位数字的顺序区分电路中的不同线段。以标号中的百位数字来区分不同供电电源的电路。例如，直流电路中电源 A 的正、负极电路标号用“101”和“102”表示，电源 B 的正、负极电路用标号“201”和“202”表示。

1.3 认识常用电气图

1.3.1 电气图的种类

电气系统图通常是指用图形符号、带注释的框或简化外形表示系统或设备中各组成部分之间相互关系及其连接关系的一种简图。常见电气系统图的种类如表 1-9 所示。



『学』

打好筑基，做好准备

表 1-9 常见电气系统图的种类

序号	名 称	定 义
1	概略图或框图	概略图是指表示系统、分系统、装置、部件、设备、软件中个项目之间的主要关系和连接的相对的简图
2	功能图	表示理论的或理想的电路而不涉及实现方法的一种简图。其用途是提供绘制电气图和其他有关简图的依据
3	逻辑图	主要用二进制逻辑单元图形符号绘制的一种简图
4	功能表图	表示控制系统（如一个供电过程或一个生产过程的控制系统）的作用和状态的表图
5	电路原理图	用图形符号表示并按工作顺序排列，详细表示电路、设备或成套装置的全部基本组成和连接关系，而不考虑其实际位置的简图。其目的是便于详细了解作用原理、分析和计算电路特性
6	端子功能图	表示功能单元全部外接端子，并用功能图、表图或文字表示其内部功能的简图
7	程序图	详细表示程序单元和程序片及其互连关系的一种简图。其要素和模块的布置应能清楚地表示出相互关系，目的是便于对程序运行的理解
8	接线图或接线表	表示成套装置、设备或装置的连接关系，用以接线接线和检查的简图或表格
9	位置简图或位置图	表示成套装置、设备或装置中各个项目的位置的简图

1.3.2 弱电电路图的类型

弱电电路图有五种：框图、电路原理图、印制电路图、安装图及接线图。

1. 框图

框图是采用符号或带文字注释的框和连线来表示电路工作原理和构成概况的电路简图。这种简图描述和反映了整机电路中各单元电路的具体组成，它是整机电路图的框架，形象、直观地反映了整机的层次划分和体系结构，简明地指出信号的流程。图 1-10 所示是某电器的电源电路框图。

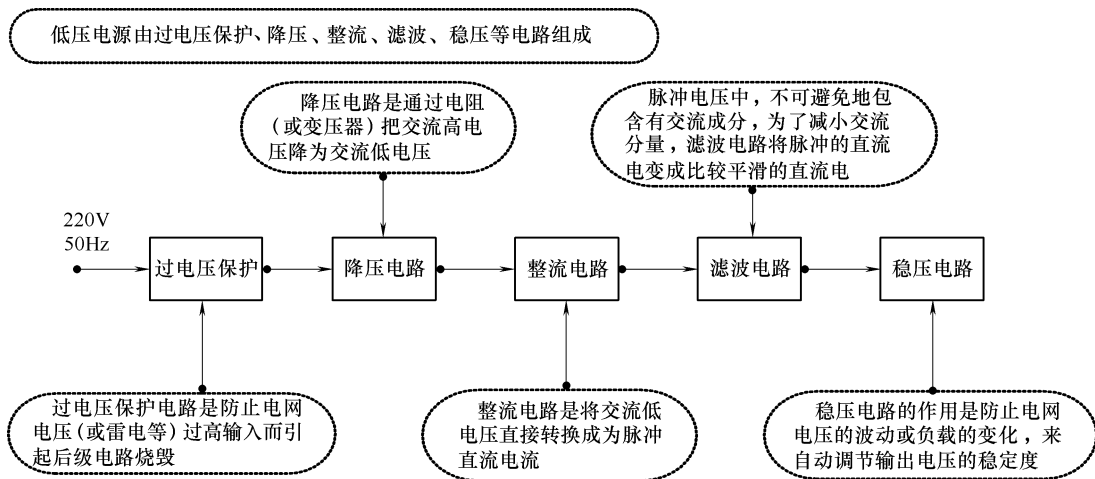


图 1-10 某电器的电源电路框图



2. 电路原理图

电路原理图简称电路图或原理图。它是各种电子元器件以图形符号形式体现电子电路工作原理的一种电路详细图，体现了电路的具体结构与工作原理。

在电路原理图中，各种电子元器件都有各自特定的表示方式——元器件电路符号。这些符号都是采用国家标准或行业标准所规定的图形符号绘制的。电路图除了使用图形符号外，还必须用连接线画出其所有的连接形式，应加适当的文字标注。其标注的主要内容为元器件的编号、型号及主要参数等。图 1-11 所示是某电器电源电路原理图（该原理图与图 1-10 框图相对应）。

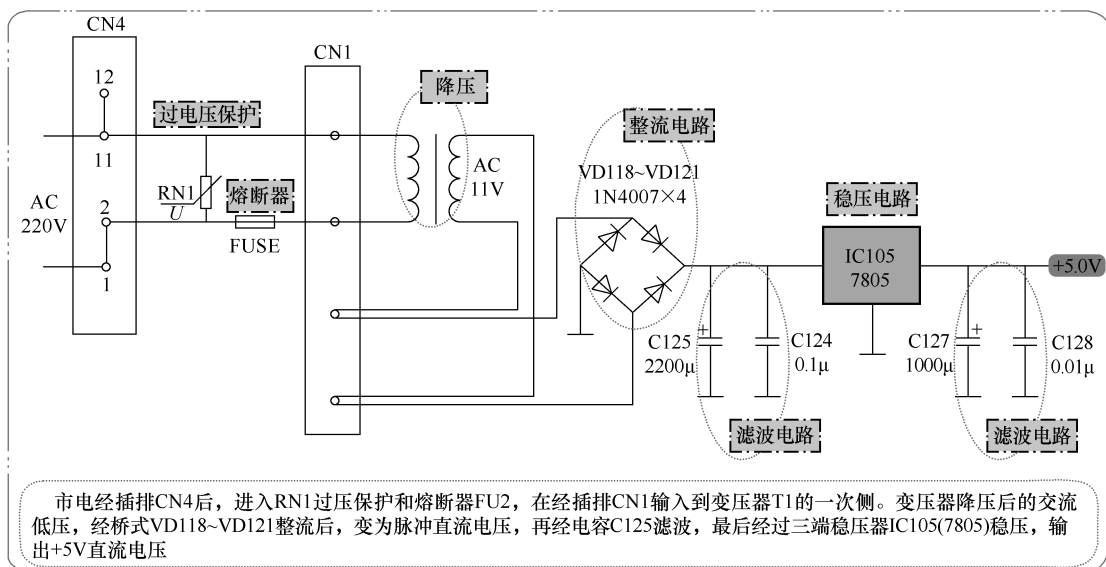


图 1-11 某电器电源电路原理图

3. 印制电路图

根据印制电路图可以制作印制电路板，印制电路板也称印制板。在一块敷铜箔的绝缘基板上，经过专门的工艺制造出来的某一电路的全部导线和图形系统，称为印制电路。具有印制电路的绝缘底板就是印制板，在印制板上装入元器件并经焊接、涂覆。图 1-12 所示为节能灯的印制板。

4. 安装图

安装图用以说明电气设备和电子元器件安装位置及连接关系，如图 1-13 所示。

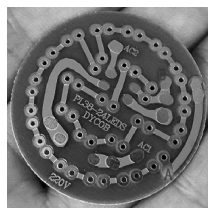


图 1-12 印制电路板

1.3.3 强电电路图的类型

强电电路图主要有配电系统图、平面图、布置图、透视图、大图样和二次接线图等。

1. 配电系统图

配电系统图又称概略图，它是一种用单线表示法绘制，用图形符号、方框符号或带注释

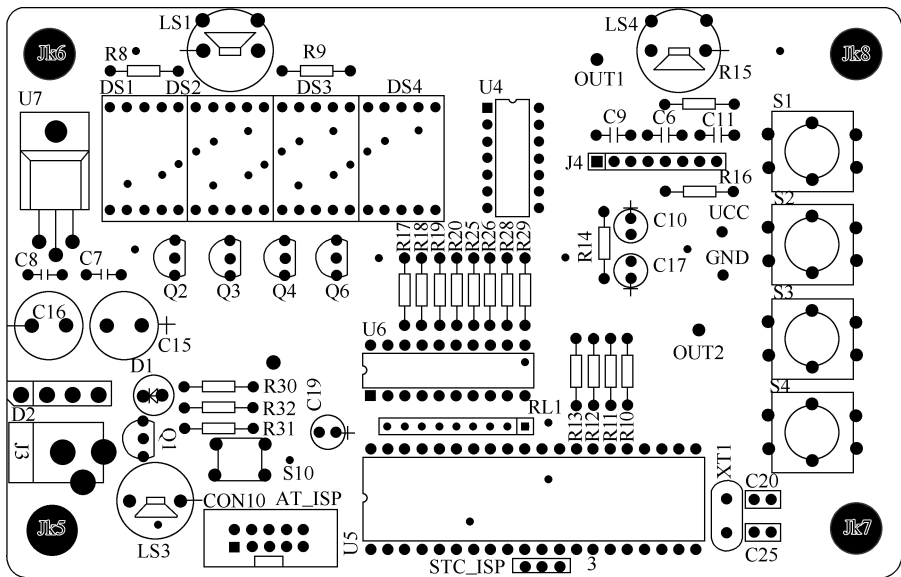


图 1-13 电子元器件安装图

的框，大概地表示系统或成套装置的基本组成、相互关系及主要特征的简图。系统图可以反映不同级别的电气信息，如照明系统图、弱电系统图、供电系统概略图等。配电系统图示例如图 1-14 所示。

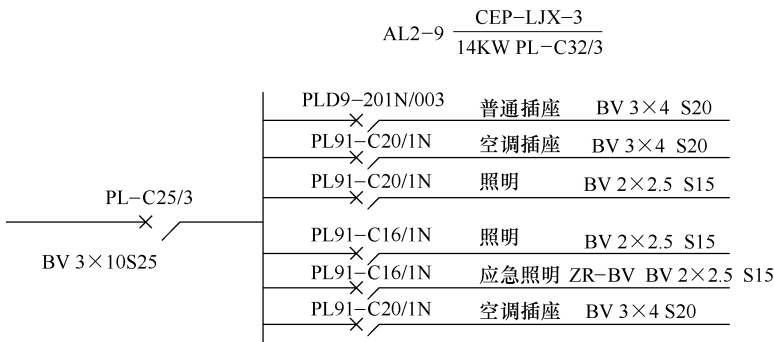


图 1-14 配电系统图示例

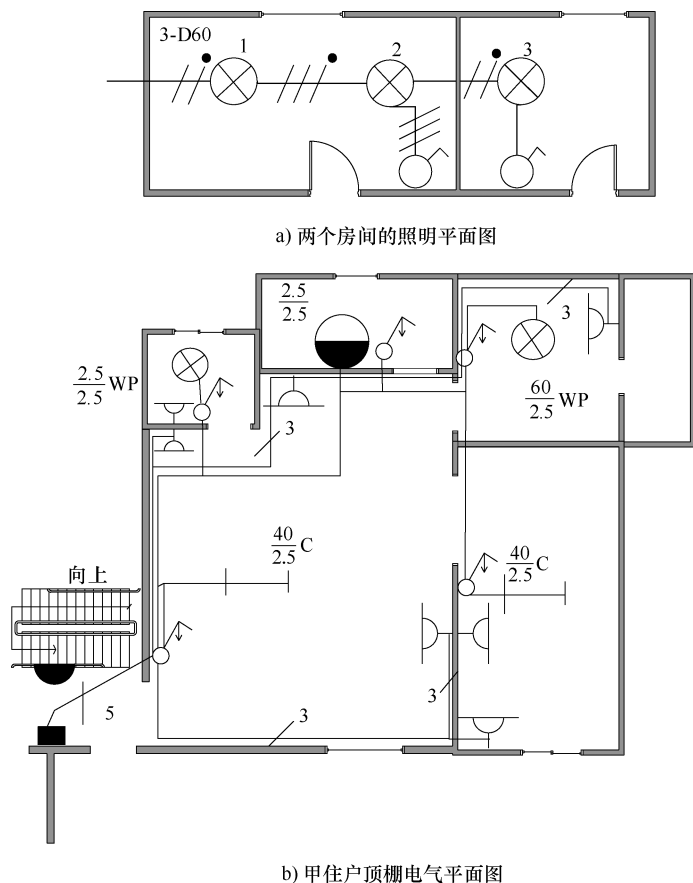
2. 平面图

电气平面图表示了电气设备、装置与线路平面布置，是进行电气安装的主要依据。

以家装平面图为例，在图上绘出电气设备、装置及电路的安装位置，敷设方法等。两个房间的照明平面图如图 1-15a 所示，某住宅一层甲住户顶棚电气平面图如图 1-15b 所示。

3. 布置图、透视图

布置图表现了各种电气设备和器件的平面与空间的位置、安装方式及其相互关系。通常由平面图、立面图、剖面图及各种构件详图等组成。一般来说，布置图是按三视图绘



b) 甲住户顶棚电气平面图

图 1-15 平面图

制的。

由于一般照明平面上的导线都比较多，在图样上不可能一一表示清楚，因此，在读图过程中，可另外画出照明、开关、插座等的实际连接示意图，这种图就称为透视图，也称为斜视图。透视图画起来虽然麻烦一点，但对读图却有很大的帮助。两个房间照明平面图如图 1-15a 所示，画成照明透视图如图 1-16 所示。

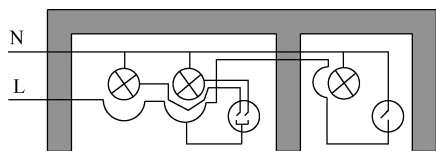


图 1-16 两个房间的照明透视图

4. 大图样

大图样表示了电气安装工程中局部做法，如灯头盒安装大图样、电缆桥架垂直段墙上安装大图样等。电缆桥架垂直段墙上安装大图样如图 1-17 所示。

5. 二次接线图

二次接线图表示了电气仪表、互感器、继电器及其他控制回路，如加工非标准配电箱就需要配电系统图和二次接线图。网络电力仪表二次接线图如图 1-18 所示。

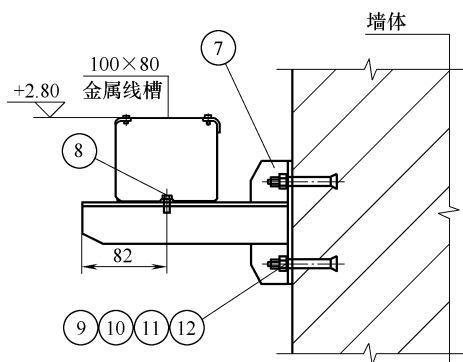


图 1-17 电缆桥架垂直段墙上安装大样图

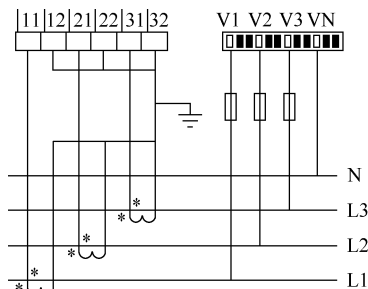


图 1-18 网络电力仪表二次接线图

此外，还有电气原理图、设备布置图、安装接线图、剖面图等。

1.4 我来做——基础知识的掌握



习题 1

1.1 常见电气系统图有哪些种类？

1.2 图 1-19 所示的系统图各是什么类型？

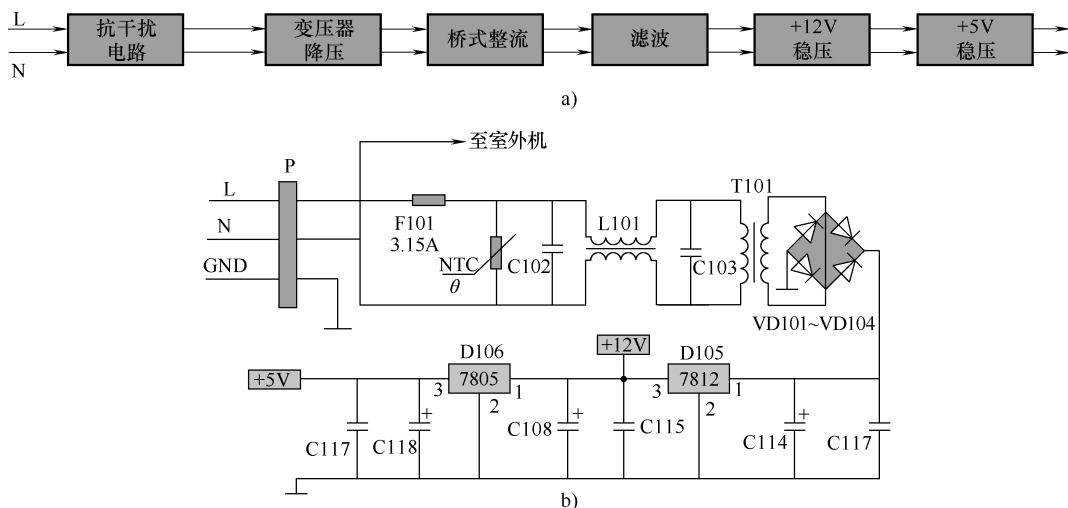
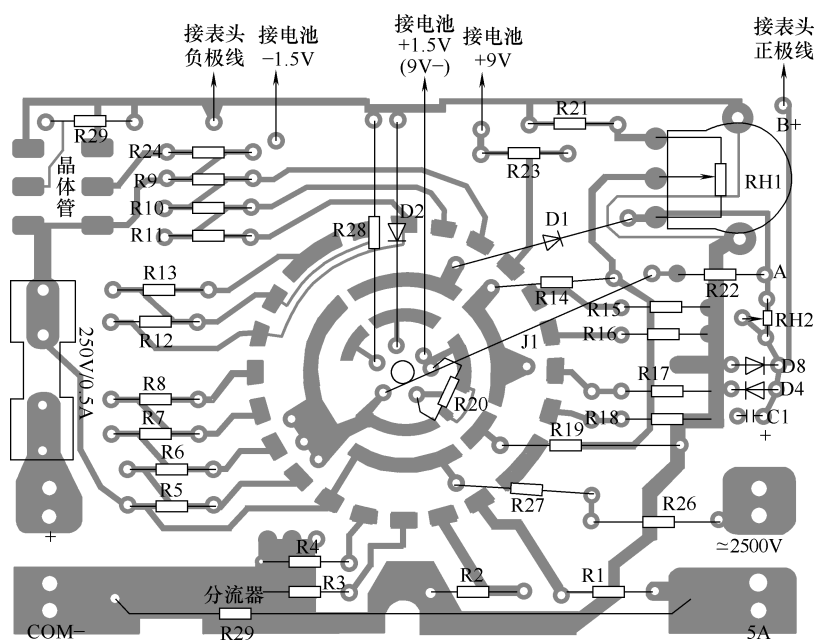
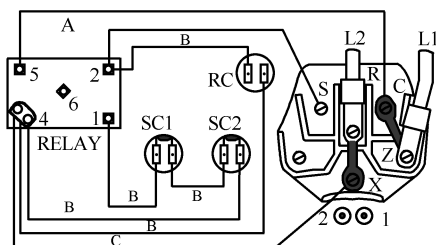


图 1-19 几种系统图



c)



d)

图 1-19 几种系统图 (续)



『学』——打好筑基，做好准备

必须掌握的基本元件和器件



2.1 基本电子元件

2.1.1 电阻器

【重要知识点】 电阻的图形符号

在电路原理图中，固定电阻器通常用“R”表示，可变电阻器用“W”表示，排阻通常用“RN”表示。电阻器的图形符号如图 2-1 所示。

还有一种电路符号在进口电子设备的电路图中出现，如图 2-2 所示。

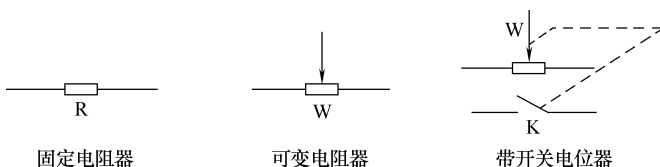


图 2-1 电阻器的图形符号



图 2-2 国外采用的一种电阻器的图形符号

【技巧点拨 1】 电阻的标号

在电路原理图和印制电路板中，电阻器的标号形式为“数字 + R + 数字”。例如，3R5 表示第 3 单元电路中的第 5 个电阻器。当单元电路较少时，可采取“R + 数字”来表示。例如，R8 表示第 8 个电阻器。在电路原理图中，同时会标出电阻器的标称阻值及功率（1/8W，一般不标）。标号如图 2-3 所示。

【需要了解】 电阻器的功率及符号

电阻器在电路中长时间连续工作而不损坏，或不显著改变其性能所允许消耗的最大功率称为电阻器的额定功率。不同功率电阻器的图形符号如图 2-4 所示。

【技巧点拨 2】 电位器的标号

电位器在电路原理图中和印制板图上的标号如图 2-5 所示。

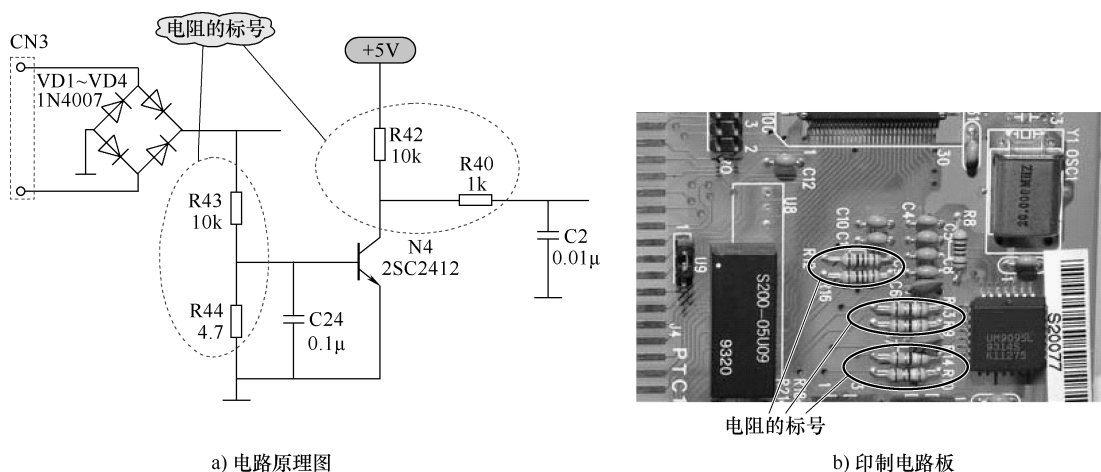


图 2-3 电阻器在电路原理图中和印制电路板上的标号

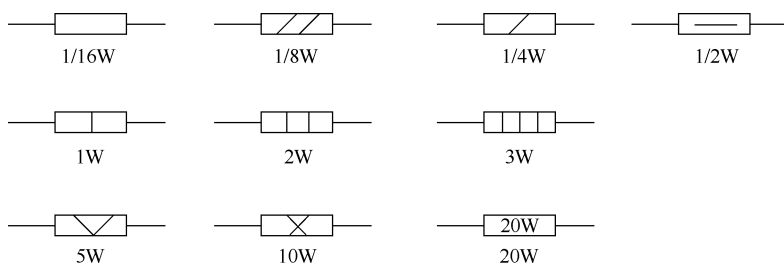


图 2-4 不同功率电阻器的图形符号

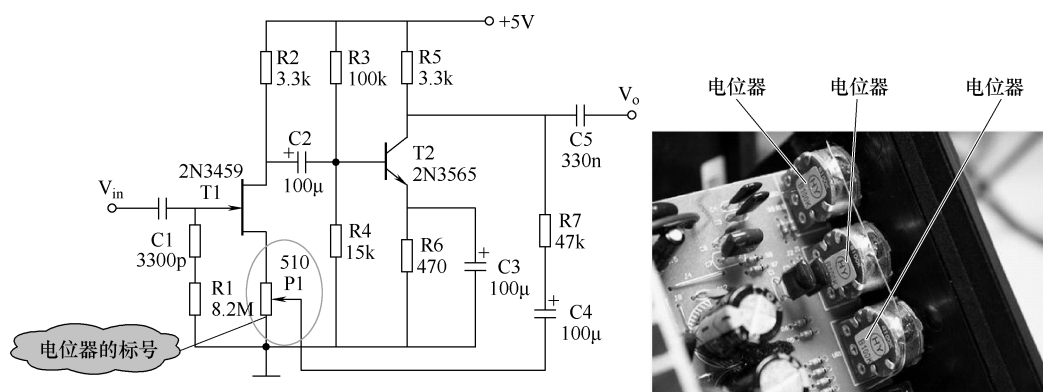


图 2-5 电位器在电路原理图中和印制板图上的标号

【重要提醒】“Ω”可以省略

电路图中标注时一般可省略单位符号“Ω”，如：4.7Ω 的电阻器可标注为 4.7 或 4R7；4.7kΩ 的电阻器可标注为 4.7k 或 4k7。



『学』

——打好筑基，做好准备

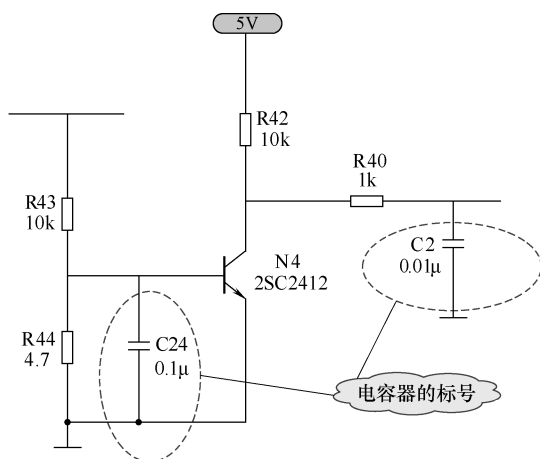
2.1.2 电容器

【重要知识点】 电容器的图形符号

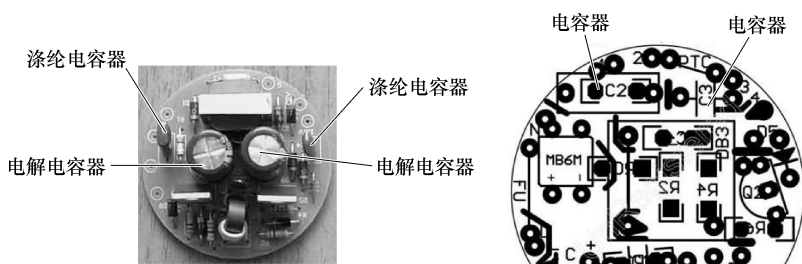
电容器的图形符号如图 2-6 所示。在电路原理图和印制电路板上，电容器的标号形式与电阻相类似，如图 2-7 所示。



图 2-6 电容器的符号



a) 电路原理图



b) 印制电路板

图 2-7 电容器在电路原理图中和印制电路板上的标号

2.1.3 电感器和变压器

【重要知识点】 电感器的图形符号

在电路原理图中，电感器常用符号“L”或“T”表示，不同类型的电感器在电路原理图中通常采用不同的符号来表示，如图 2-8 所示。

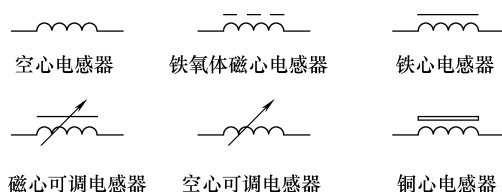
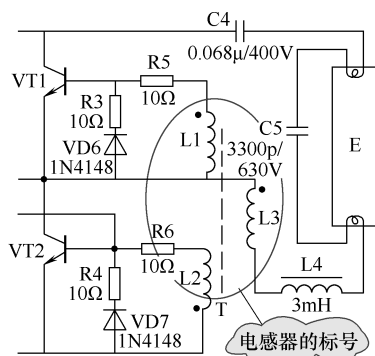
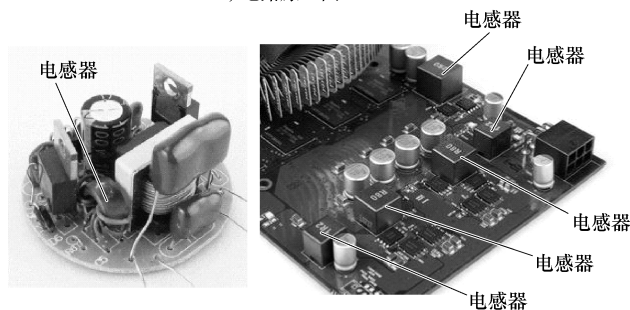


图 2-8 不同类型的电感器符号

电感器在电路原理图和印制电路板中的标号如图 2-9 所示。



a) 电路原理图



b) 印制电路板

图 2-9 电感器在电路原理图中和印制电路板上的标号

【重要知识点】 变压器的图形符号

在电路原理图中，变压器通常一般用字母“T”表示，常见变压器在电路原理图中的图形符号如图 2-10 所示。其中有黑点的一端表示变压器绕组同名端。

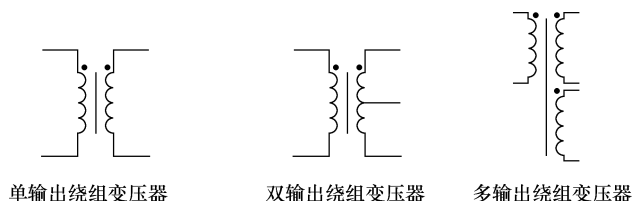


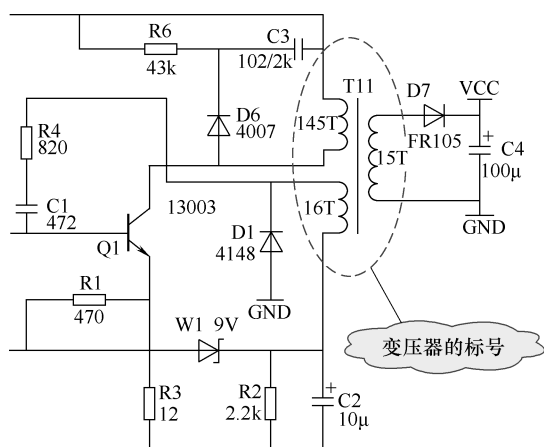
图 2-10 常见变压器在电路原理图中的图形符号

变压器在电路原理图中和印制电路板上的标号如图 2-11 所示。

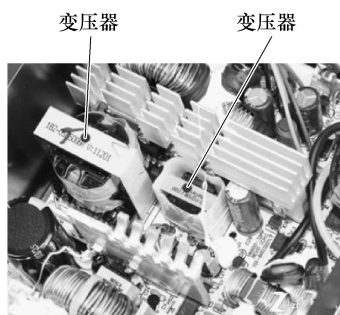


『学』

——打好筑基，做好准备



a) 电路原理图



b) 印制电路板

图 2-11 变压器在电路原理图中和印制电路板上的标号

2.1.4 二极管

【重要知识点】 二极管的图形符号

普通二极管在电路中常用字母“D”、“V”、“VT”或“VD”表示，稳压二极管在电路图中用字母“ZD”表示。二极管在电路原理图中的图形符号如图 2-12 所示。

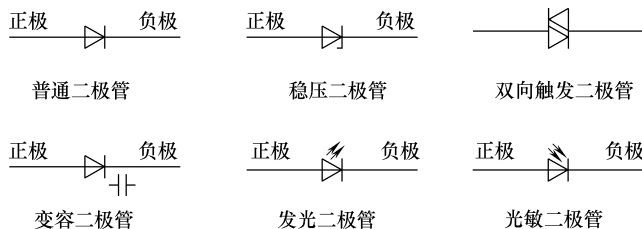
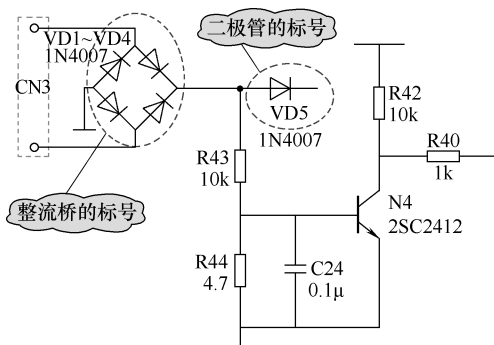


图 2-12 二极管在电路原理图中的图形符号

二极管在电路原理图中和印制电路板上的标号如图 2-13 所示。



a) 电路原理图



b) 印制电路板

图 2-13 二极管在电路原理图中和印制电路板上的标号

2.1.5 晶体管

【重要知识点】 晶体管的图形符号

晶体管在电路中常用字母“Q”、“V”或“VT”加数字表示，晶体管电路原理图中的图形符号如图 2-14 所示。

晶体管在电路原理图和印制电路板中的标号如图 2-15 所示。

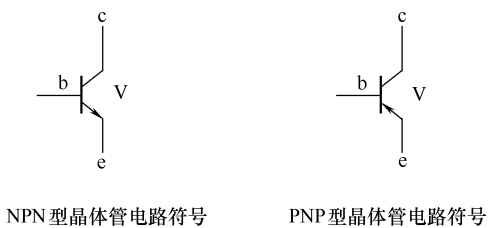


图 2-14 晶体管在电路原理图中的图形符号

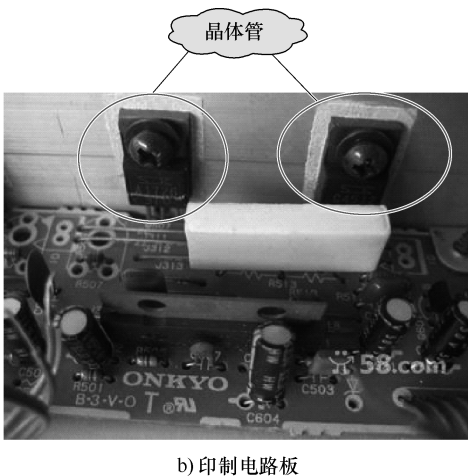
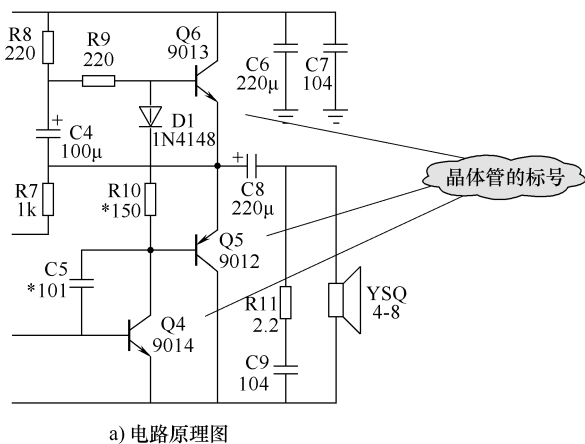


图 2-15 晶体管在电路原理图中和印制电路板上的标号

2.2 常用低压电器

2.2.1 低压熔断器

【需要了解】 熔断器结构与分类

熔断器由载熔管（或座）、熔断体及外加填料等部分组成。其外形如表 2-1 所示。

表 2-1 低压熔断器外形结构

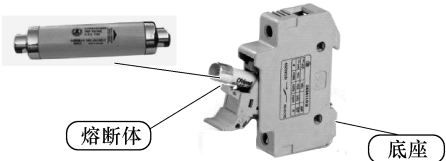
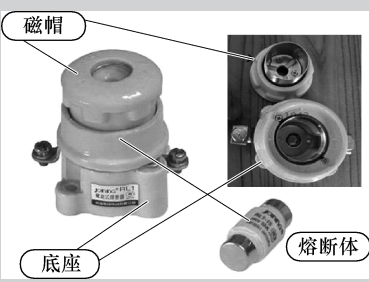
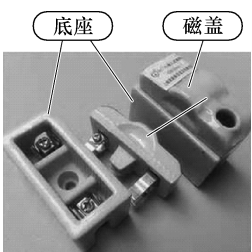
名 称	结构示意图	应用场合
RS0、RS3 系列有填料快速熔断器（又称为半导体器件保护用熔断器）		主要用于半导体整流器件的过电流保护。例如，大容量晶闸管的短路和过载保护



『学』

—— 打好筑基，做好准备

(续)

名 称	结构示意图	应用 场 合
NG30 系列有填料 封闭管式圆筒帽形 熔断器		用于交流 50Hz、额定电压 380V、 额定电流 63A 及以下工业电气装置 的配电线路中的短路保护及过载 保护
RL1 系列螺旋式 熔断器		用于控制箱、配电屏、机床设备 及振动较大的场合，在交流熔断电 压 500V、额定电流 200A 及以下的 电路中，作为电路保护器件
RC1A 系列磁插式 熔断器		用于交流 50Hz、额定电压 380V、 额定电流 5 ~ 200A 的低压线路末端 或分支电路中，作线路和用电设备 是短路保护，在照明线路中还可起 过载保护作用

熔断器按结构形式可分为磁插式、螺旋式、无填料封闭管式、有填料封闭管式、快速式等类别。熔断器的型号含义和电气符号如图 2-16 所示。

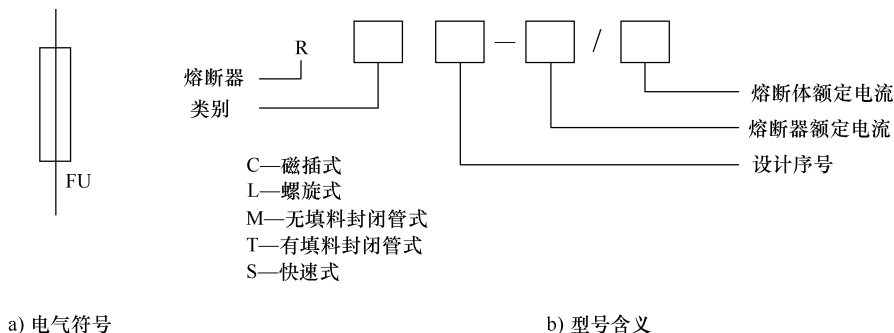


图 2-16 熔断器的电气符号及型号含义

【工作原理】 熔断器工作原理

熔断器是一种当电流超过规定值一定时间后，以它本身产生的热量使熔体熔化而分断电路的保护电器。熔断器串联在被保护电路中，能在电路发生短路或严重过电流时快速自动熔断，从而切断电路电源，起到保护作用。



2.2.2 开关与主令电器

开关主要用于隔离电源或在规定条件下接通、分断电路，以及转换正常或非正常的电路。

主令电器是用来闭合和分断控制电路以发出命令的电器，也可以用于生产过程的程序控制。属于主令电器一类的主要有控制按钮、行程开关、万能转换开关和主令控制器等。

1. 刀开关

刀开关俗称闸刀开关，主要类型有大电流刀开关、负荷开关、熔断器式刀开关等。常用产品有 HD11-HD14 和 HS11-HS13 系列刀开关；HK1、HK2 系列开启式负荷开关；HH3、HH4 系列封闭式负荷开关；HR3 系列熔断器刀开关等。刀开关有单极、双极和三极等几种，刀开关结构如图 2-17 所示。

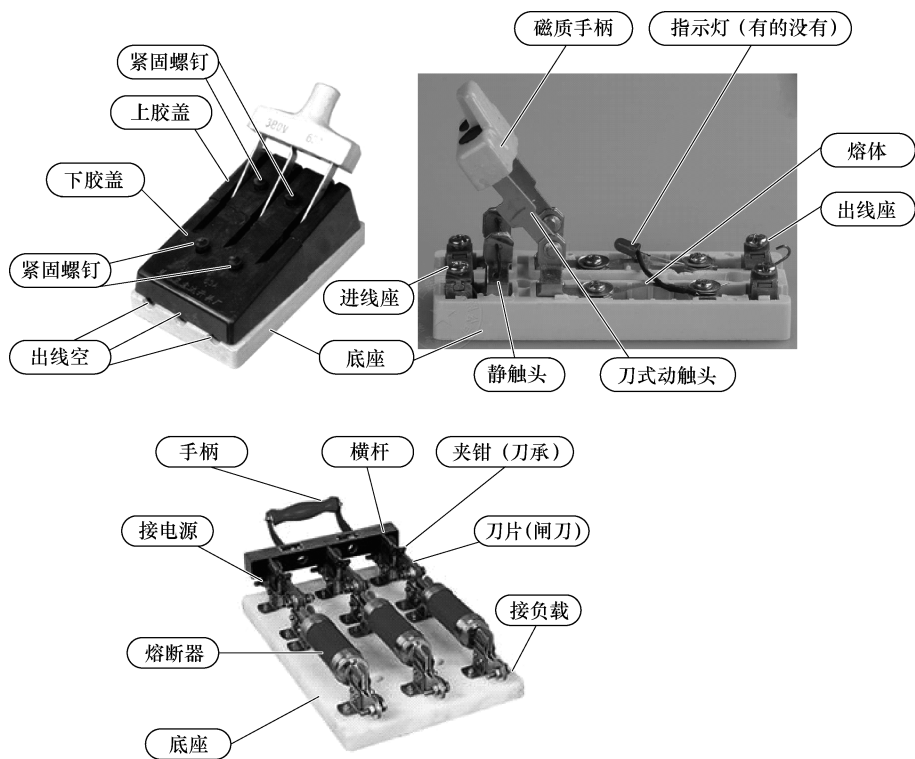


图 2-17 刀开关结构

【重要提醒】 刀开关型号及含义

刀开关图形符号及型号含义如图 2-18 所示。

2. 转换开关 (组合开关)

转换开关主要在电气设备中作为电源引入开关，也可作为电压表、电流表的换相开关，还可作为小功率电动机的起动、制动、调速及正反向转换的控制开关。

组合开关有单极、双极和多极等种类。额定电压在 500V 以下，额定电流可分为 10A、25A、60A、100A 等几个等级。常用的组合开关有 HZ1、HZ2、HZ3、HZ4、HZ10 等系列。



『学』

打好筑基，做好准备

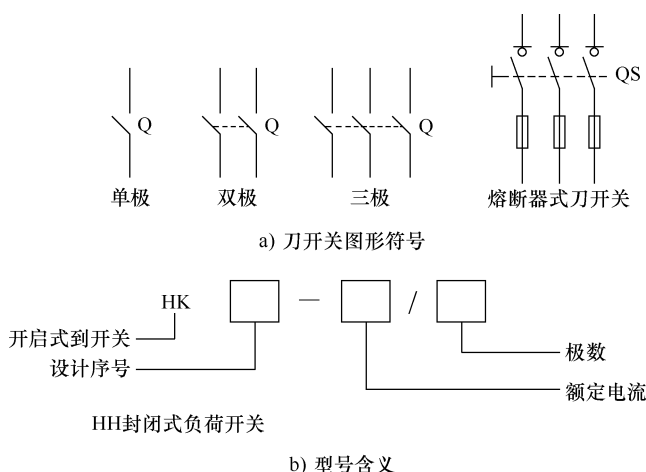


图 2-18 刀开关的图形符号及型号含义

【需要了解】 组合开关的特点

图 2-19 所示为 HZ2-10/3 型组合开关的结构和起/停电动机。此组合开关是三极二位开关。它分为三层，每层底盘上有两个静触头；旋转轴上带有三个动触头（动触头与轴之间有绝缘垫板隔开）分别置于三层底盘中间位置。当操作手柄置于“0”位置时，三层的动触头与静触头处于断开状态，若将操作手柄左旋或右旋 90° 时，都会使三层动触头与静触头接通。这种型号的组合开关也可以顺时针旋转 360° 或逆时针旋转 360° 。

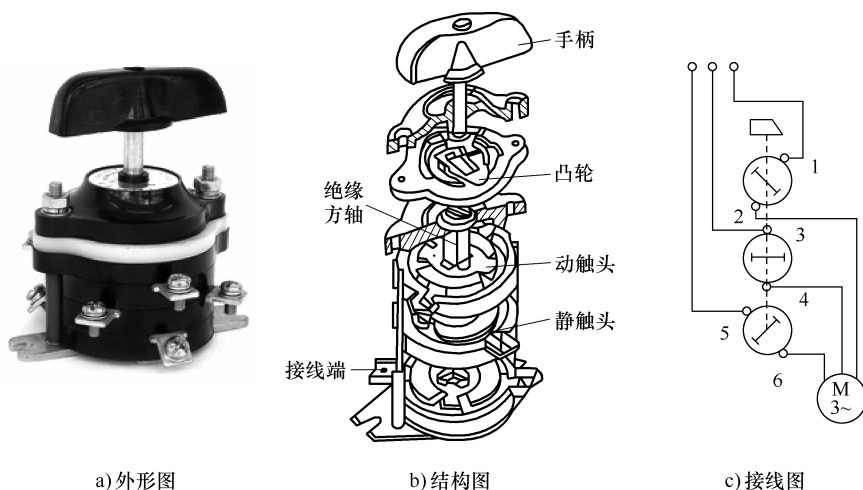


图 2-19 HZ2-10/3 型组合开关的结构和起/停电动机

图 2-20 所示是 HZ2-10/3 型组合开关控制电动机起/停原理图和触头通/断状态图。图 2-20b 所示的●表示触头接通。图中的纵线表示开关手柄位置，横线表示触头位置。

【重要提醒】 转换开关图形符号及型号含义

转换开关型号及含义如图 2-21 所示。

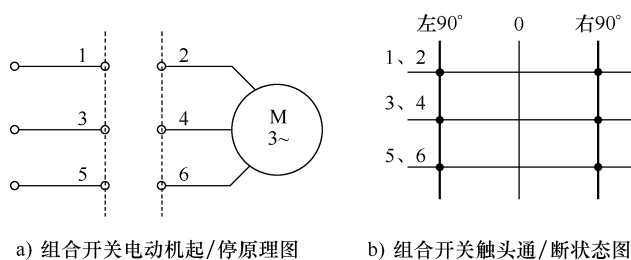


图 2-20 HZ2-10/3 型组合开关控制电动机起/停原理图和触头通/断状态图

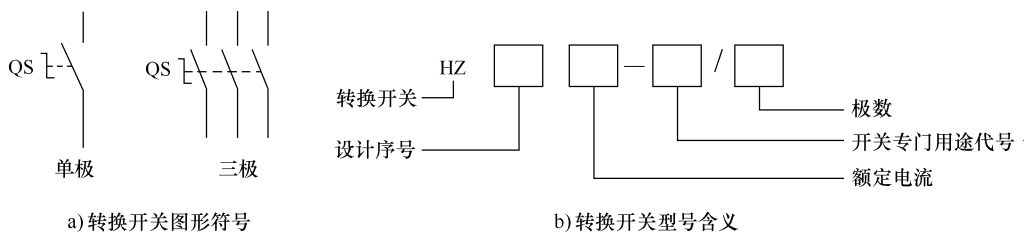


图 2-21 转换开关图形符号及型号含义

【技巧点拨】 触点连接特点

万能转换开关电气符号中，水平方向的数字 1~3 表示触头编号，垂直方向的数字及文字“左”、“0”、“右”表示手柄的操作位置（档位），虚线表示手柄垂直的联动线。在不同的操作位置，各对触头的通、断状态的表示方法：在触头的下方与虚线相交文字有黑色圆点表示在对应操作位置时触头接通，没有涂黑色圆点表示在该操作位置不通。开关具体型号不同，触头数目和操作档位数目也不同。

3. 控制按钮

按钮是一种短时接通或断开小电流电路的电器，它不直接控制主电路的通断，而是在控制电路中发出手动“指令”去控制接触器、继电器等电器，再由它们去控制主电路，故称为主令电器。

【需要了解】 开关结构及结构形式代号

按钮的外形与结构如图 2-22 所示。

按钮结构形式代号的含义如表 2-2 所示。

表 2-2 按钮结构形式代号的含义

形式代号	含 义
K	开启式，适用于嵌装在操作面板上
H	保护式，带保护外壳，可防止内部零件受机械损伤或人偶然触及带电部分
S	防水式，具有密封外壳，可防止雨水侵入
F	防腐式，能防止腐蚀性气体进入
J	紧急式，带有红色大蘑菇钮头，作紧急切断电源用
X	旋钮式，用螺旋旋钮进行操作，有通和断两个位置
Y	钥匙操作式，用钥匙插入进行操作，可防止误操作或供专人操作
D	光标按钮，按钮内装有信号灯，兼作信号指示



『学』

——打好筑基，做好准备

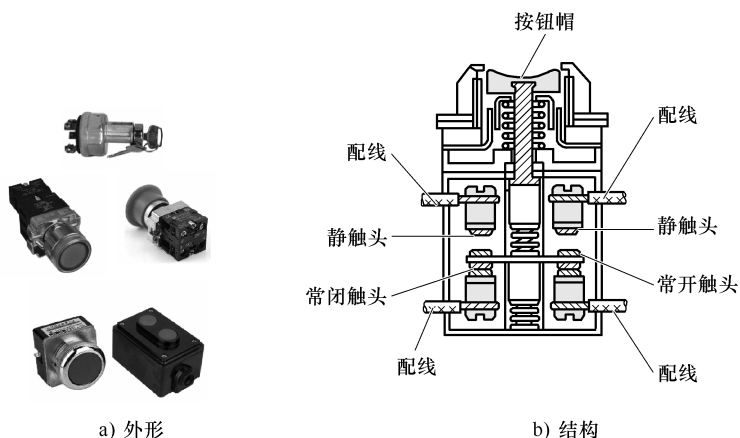


图 2-22 按钮的外形与结构

【重要提醒】 按钮图形符号、型号及含义

按钮图形符号、型号及含义如图 2-23 所示。

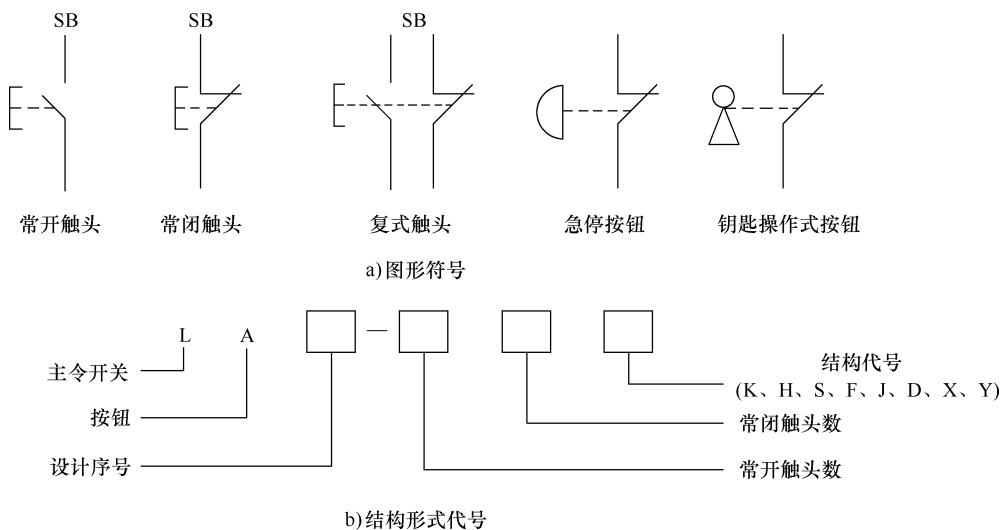


图 2-23 按钮图形符号、型号及含义

【技巧点拨】 常开触头、常闭触头及转换触头

常开触头、常闭触头及转换触头的特点如表 2-3 所示。

表 2-3 常开触头、常闭触头及转换触头的特点

触点的种类		其他的叫法	备 注
常开触头	一工作就闭合电路的触头	动合触头	触头的特点适用于其他电器
常闭触头	一工作就断开电路的触头	动断触头	
转换触头	一工作就转换电路的触头	C 触头	



4. 行程开关

行程开关是机床控制电路、电力提升系统电路中最常用的控制器件。行程开关按其安装在机械上的位置不同，又称为限位开关或终端开关。行程开关主要用来限制机械运动的位置或行程，使运动机械按一定的位置或行程实现自动停止、反向运动、变速运动或自动往返运动等。行程开关可分为接触式行程开关和无接触式行程开关两大类。行程开关外形与结构如图 2-24 所示。

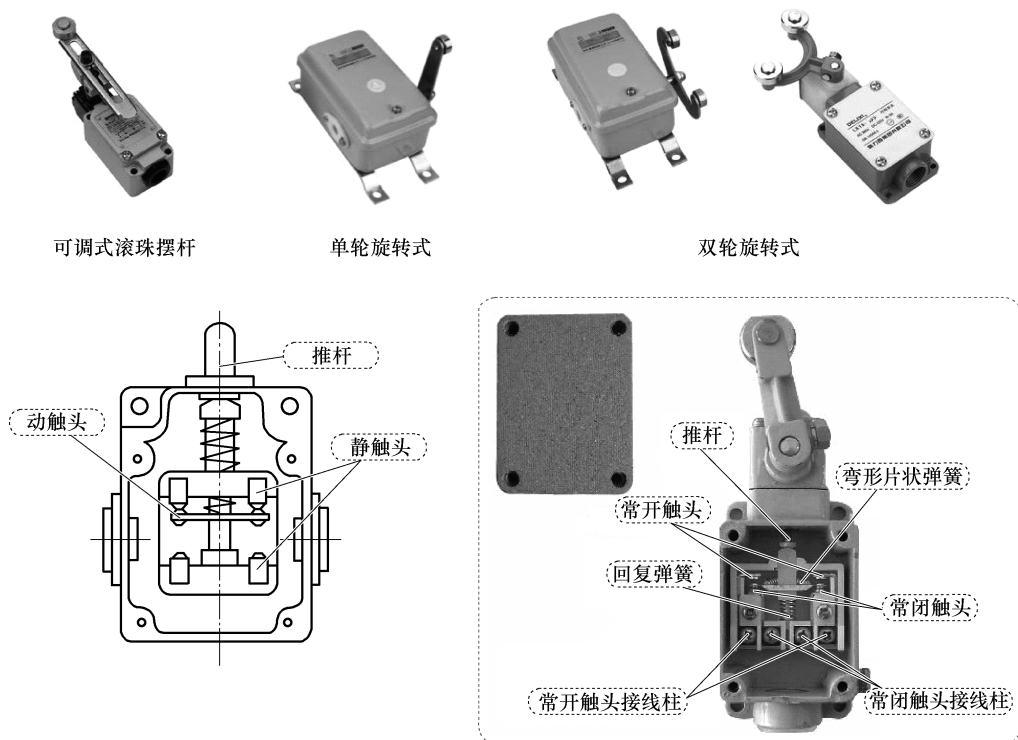


图 2-24 行程开关外形与结构

【重要提醒】 行程开关符号、型号及含义

目前机床中常用的行程开关有 LX19 和 JLXK1 等系列。行程开关图形符号和型号含义如图 2-25 所示。

2.2.3 低压断路器（自动开关）

断路器又称自动开关，可用于不频繁地接通、分断正常电路和控制电动机；还可作为在规定的非正常电路条件（如短路、过载、欠电压等）下接通，承载一定时间和分断事故电路的一种保护开关电器。

【需要了解】 断路器结构

断路器主要由触头、灭弧装置、各种脱扣器（过电流脱扣器、欠电压脱扣器、热脱扣器和分励脱扣器等）、操作机构和自由脱扣器结构等部分组成。断路器的外形与结构如图 2-26 所示。



『学』

打好地基，做好准备

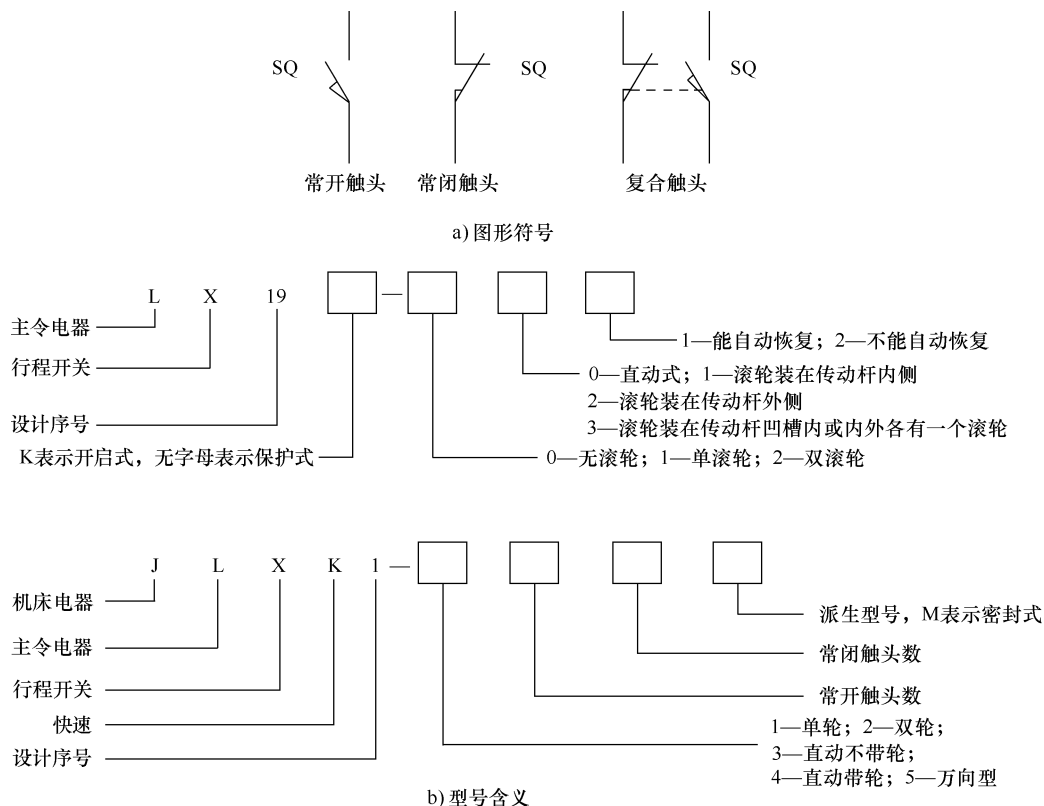
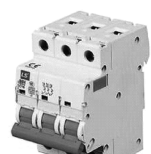


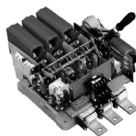
图 2-25 行程开关的图形符号和型号含义



DZ47系列断路器



DZ108系列断路器

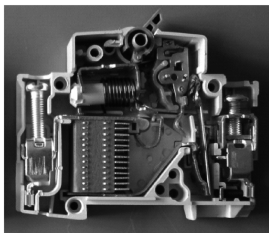


DW系列断路器



NW系列断路器

a) 外形



b) 结构

图 2-26 断路器的外形与结构



【工作原理】 断路器工作原理

断路器工作原理图如图 2-27 所示。

在正常情况下，断路器的主触头是通过操作结构手动或电动合闸的。主触头闭合后，自由脱扣器结构将主触头锁在合闸位置上，电路接通正常工作。若要正常切断电路时，应操作分励脱扣器，使自由脱扣器机构动作，并自动脱扣，主触头断开，分断电路。

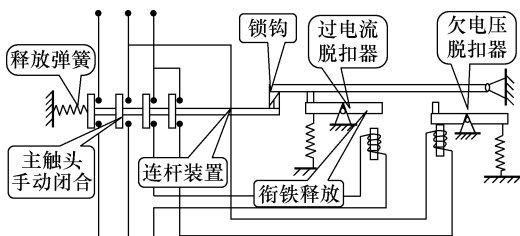


图 2-27 断路器工作原理图

断路器的过电流脱扣器的线圈与主电路串联，欠电压脱扣器的线圈与电路并联。当电路发生短路或严重过载时，过电流脱扣器的衔铁被吸合，使自由脱扣机构动作，从而推动自由脱扣器结构动作。当电路出现欠电压时，欠电压脱扣器衔铁释放，也使自由脱扣器结构动作。自由脱扣器结构动作时，断路器自由脱扣，使开关自动跳闸，主触头断开，分断电路，达到非正常工作情况下保护电路和电气设备的目的。

【重要提醒】 断路器图形符号和型号含义

断路器图形符号和型号含义如图 2-28 所示。

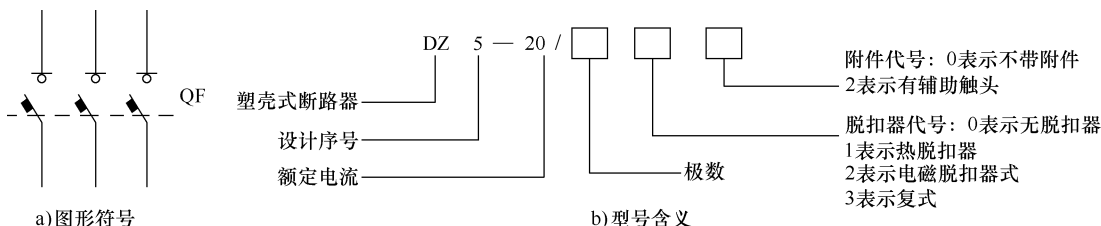


图 2-28 断路器图形符号和型号含义

2.2.4 交流接触器

【需要了解】 接触器的作用、分类

接触器是用来频繁地接通和分断交直流主回路和大容量控制电路的低压控制电器。其主要控制对象是电动机，能实现远距离控制，配合继电器可以实现定时操作、联锁控制各种定量控制和失电压及欠电压保护。

接触器按其主触点控制电路中电流的种类分为直流接触器和交流接触器。交流接触器又分为工频（50Hz 或 60Hz）和中频 400Hz 两种。按其电磁系统的励磁电流种类分为直流励磁操作和交流励磁操作两种。按主触头的极数分为单极、双极、三极、四极、五极等几种。

交流接触器的外形与结构如图 2-29 所示。

交流接触器主要由电磁系统、触头系统、灭弧装置及辅助部件等组成。

(1) 电磁系统

交流接触器的电磁系统主要由线圈、铁心和衔铁三部分组成。其作用是利用电磁线圈的通电或断电，使衔铁和铁心吸合或释放，从而带动动触头与静触头闭合或分断，实现接通或断开电路的目的。



『学』

打好地基，做好准备

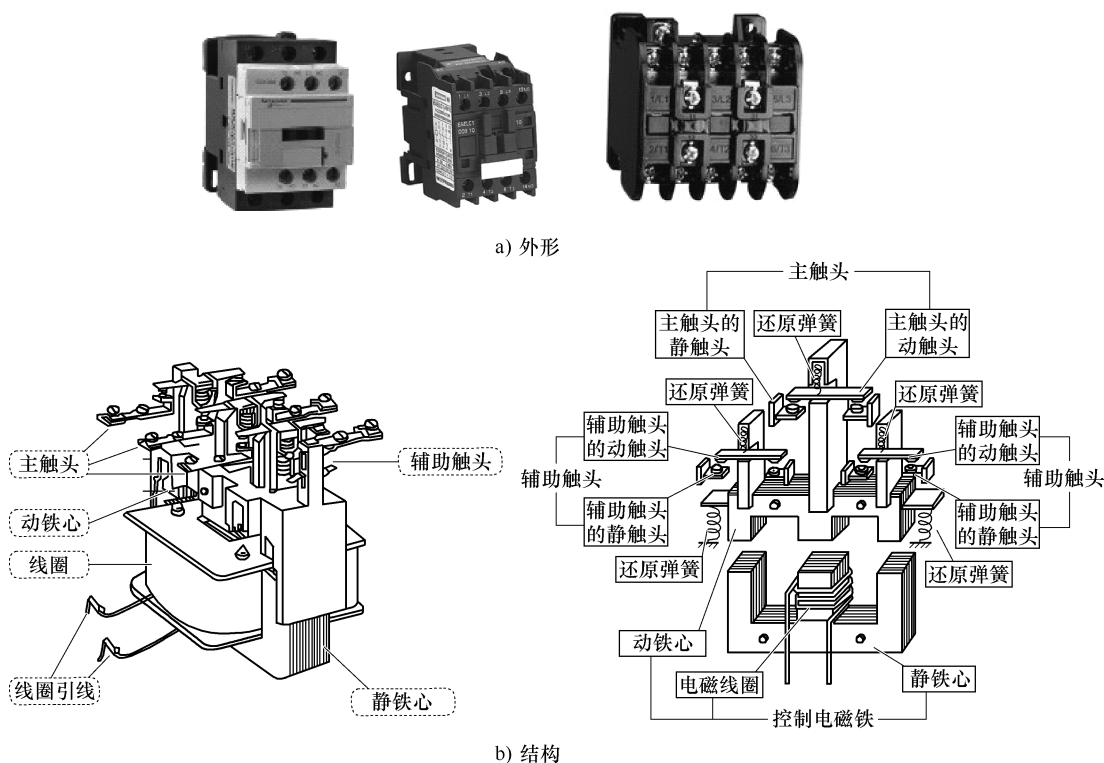


图 2-29 交流接触器的外形与结构

(2) 触头系统

交流接触器的触头按接触情况可分为点接触、线接触和面接触三种；按触头的结构形式可分为桥式和指形触头两种；按通断能力划分，可分为主触头和辅助触头。

(3) 灭弧装置

交流接触器在断开大电流或高电压电路时，在动、静触头之间会产生很强的电弧。电弧的产生，一方面会灼伤触头，减少触头的使用寿命；另一方面会使电路切断时间延长，甚至造成弧光短路或引起火灾事故。因此，在交流接触器中要设置灭弧装置。

【重要提醒】 接触器图形符号和型号含义

断路器图形符号和型号含义如图 2-30 所示。

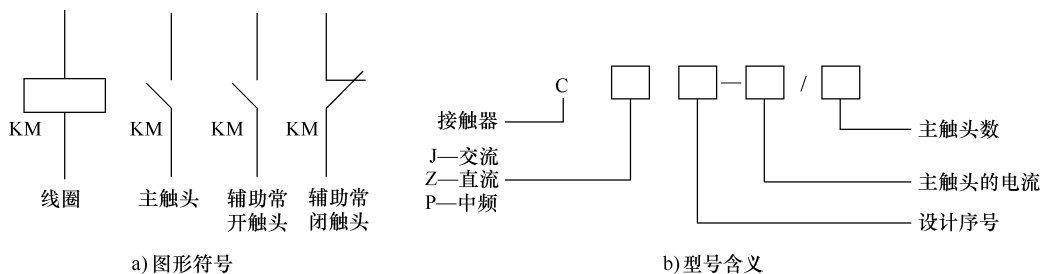


图 2-30 断路器图形符号和型号含义



【工作原理】 交流接触器工作原理

交流接触器的结构如图 2-31 所示。当接触器的线圈通电后，线圈中流过的电流产生磁场，使铁心产生吸力，克服反作用弹簧的反作用力后，将衔铁吸合，通过传动机构带动三对主触头和辅助常开触头闭合，辅助常闭触头断开。当接触器线圈断电或电压明显下降时，由于电磁吸力消失或过小，衔铁在反作用弹簧力的作用下复位，带动各触头恢复到原始状态。

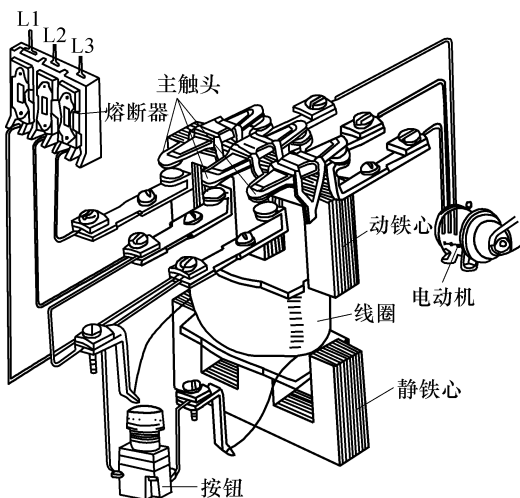


图 2-31 交流接触器的结构

2.2.5 继电器

继电器是根据一定的信号（如电流、电压、时间和速度等物理量）的变化来接通或分断小电流电路和电器的自动控制电器。

继电器一般不用来直接控制主电路，而是通过接触器或其他电器来对主电路进行控制，因此同接触器相比较，它的触头通常接在控制电路中，触点断流容量较小（5A 以下），一般不需要灭弧装置，但对继电器动作的准确性要求较高。

【需要了解】 继电器种类

继电器种类很多，按输入信号可分为电压继电器、电流继电器、时间继电器、速度继电器、压力继电器、温度继电器等；按工作原理可分为电磁式继电器、感应式继电器、电动式继电器、电子式继电器、热继电器等；按用途可分为控制继电器和保护继电器；按输出形式可分为有触头继电器和无触头继电器。

【工作原理】 继电器的工作原理

电磁式继电器的结构如图 2-32 所示。

电磁式继电器的结构组成和工作与电磁式接触器相似，它也是由电磁机构和触头系

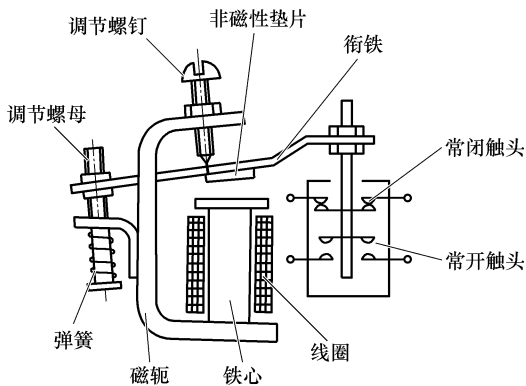


图 2-32 电磁式继电器的结构示意图



统两个主要部分组成。电磁机构由线圈、铁心、衔铁组成。触头系统由于其触头接在控制电路中，且电流小，故不装设灭弧装置。电磁式继电器的触头一般为桥式触头，有常开和常闭两种形式。另外，为了实现继电器动作参数的改变，继电器一般还具有改变弹簧松紧和改变衔铁打开后气隙大小的装置，即调节螺钉。

当通过线圈的电流超过某一定值，电磁吸力大于反作用弹簧力，衔铁吸合并带动绝缘支架动作，使常闭触头断开，常开触头闭合。通过调节螺钉来调节反作用力的大小，即调节继电器的动作参数值。

【重要提醒】 继电器图形符号和型号含义

继电器图形符号和型号含义如图 2-33 所示。

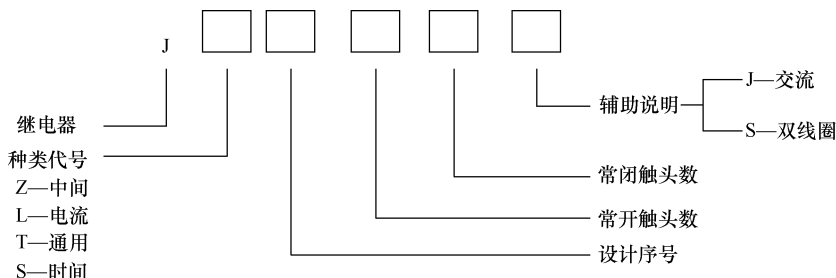


图 2-33 继电器图形符号和型号含义

1. 电压继电器

【需要了解】 继电器种类

电压继电器用于动力拖动系统的电压保护和控制。其线圈并联接入主电路，感测主电路的电压；触头接于控制电路，为执行元件。按吸合电压的大小，电压继电器可分为欠电压继电器和过电压继电器。

欠电压继电器用于电路的欠电压保护。当被保护电路电压正常时，衔铁可靠吸合，其常开触头闭合，常闭触头断开；当被保护电路电压降至欠电压继电器的某一整定值时，衔铁释放，触头机构复位，控制接触器及时分断被保护电路。

过电压继电器用于电路的过电压保护。当被保护电路电压正常时，衔铁不吸合；当被保护电路的电压高于额定值，达到过电压继电器的整定值，衔铁吸合，其常开触头闭合，常闭触头断开，控制电路失电，控制接触器及时分断被保护电路。

电压继电器实物如图 2-34 所示。



图 2-34 电压继电器实物

【重要提醒】 继电器图形符号

电压继电器的电气图形符号如图 2-35 所示。

2. 电流继电器

【需要了解】 电流继电器作用

过电流继电器的线圈串联在主电路中，常闭触头串接于辅助电路中，当主电路的电流高于容许值时，过电流继电器吸合动作，常闭触头断开，切断控制回路。过电流继电器主要用于重载或频繁起动的场合作为电动机和主电路的过载和短路保护，常用的有 JT4、JL12 和 JL14 等系列过电流继电器。过电流继电器实物如图 2-36 所示。

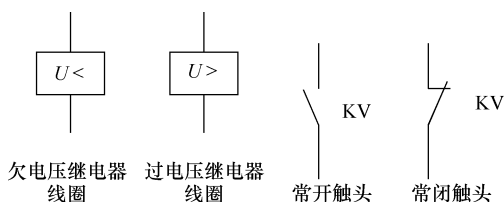


图 2-35 电压继电器的电气图形符号

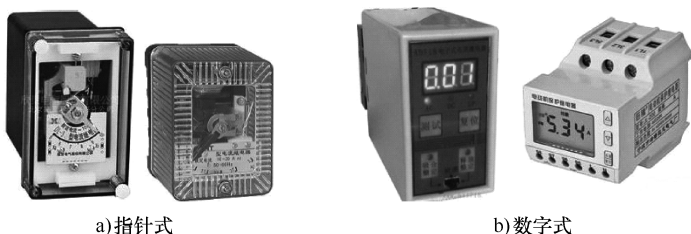


图 2-36 过电流继电器实物

【重要提醒】 继电器型号含义

常用的 JT4 系列过电流继电器的型号含义如图 2-37 所示。

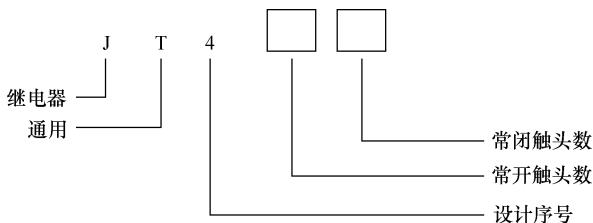


图 2-37 JT4 系列过电流继电器的型号含义

3. 时间继电器

【需要了解】 时间继电器的特点

时间继电器是控制系统中控制动作时间的继电器。它按工作原理可分为空气阻尼式、电动式、晶体管式和可编程式时间继电器等。

通电延时型时间继电器是指线圈通电后触点延时动作，即当线圈通电时，其延时常开触头要延时一段时间才闭合，延时常闭触头要延时一段时间才断开；当线圈失电时，其延时常开触头迅速断开，延时常闭触头迅速闭合。

断电延时型时间继电器是指线圈断电后触头延时动作，即当线圈通电时，其延时断开的常开触头迅速闭合，延时闭合的常闭触头迅速断开；当线圈失电时，其延时断开的常开触头要延时一段时间再断开，延时闭合的常闭触头要延时一段时间再闭合。



『学』

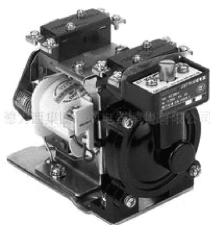
——打好筑基，做好准备



『学』

打好地基，做好准备

常见时间继电器实物如图 2-38 所示。



a) JS7 系列空气阻尼式



b) JSS26A 系列数显式



c) 可编程式

图 2-38 常见时间继电器实物

【重要提醒】 时间继电器的图形符号及型号含义

按延时方式可分为通电延时型时间继电器和断电延时型时间继电器。时间继电器的图形符号及型号含义如图 2-39 所示。

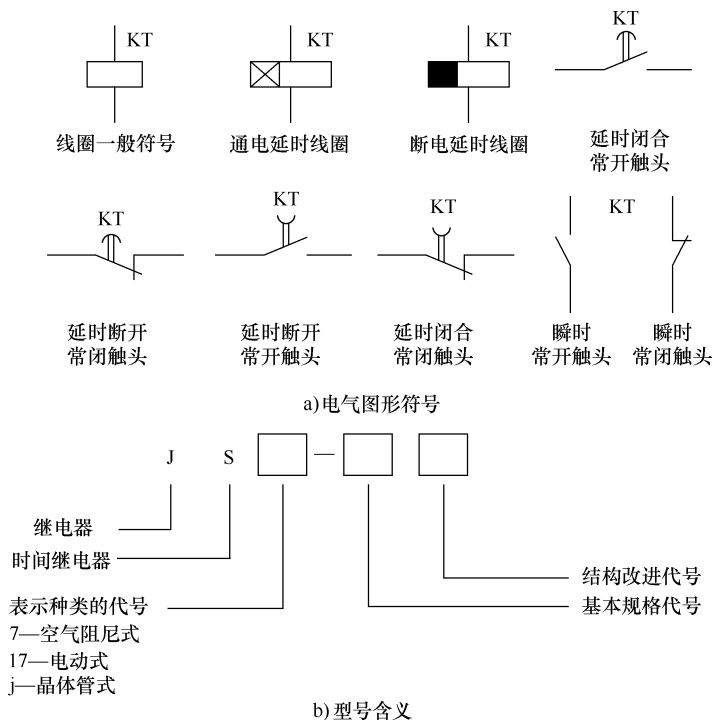


图 2-39 时间继电器的图形符号及型号含义

4. 热继电器

热继电器是利用电流的热效应来切断电路的保护电器。它在电路中用作电动机的长期过载保护。

热继电器的形式有多种，其中双金属片式应用最多。按极数可分为单极、两极和三极等；按复位方式可分为有自动复位式和手动复位式等。热继电器实物如图 2-40 所示。

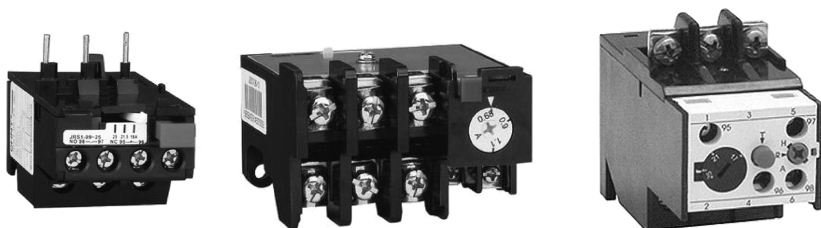


图 2-40 热继电器实物

【重要提醒】 热继电器的图形符号及型号含义
热继电器的图形符号及型号含义如图 2-41 所示。

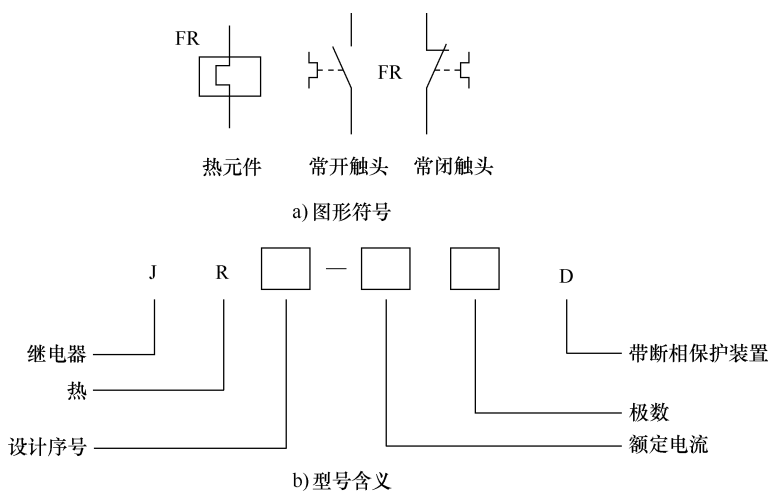


图 2-41 热继电器的图形符号及型号含义

5. 速度继电器

【需要了解】 速度继电器的特点

速度继电器是反映转速和转向的继电器，其主要作用是以旋转速度的快慢为指令信号，与接触器配合实现对电动机的反接制动控制，因此也称为反接制动继电器。

所谓制动，就是给正在运行的电动机加上一个与原转动方向相反的制动转矩迫使电动机迅速停转。电动机常用的制动方法有机械制动和电气制动两大类。

图 2-42 所示为速度继电器外形及结构。它主要由定子、转子和触头3 部分组成。

【工作原理】 速度继电器工作原理

速度继电器结构简图如图 2-43 所示。速度继电器的轴与电动机的轴相连接。当电动机转动时，速度继电器的转子随之转动，绕组切割磁场产生感应电动势和电流，此电流和永久磁铁的磁场作用产生转矩，使定子向轴的转动方向偏摆，摆轮在弹簧力的作用下恢复原位，触头也复位。

【重要提醒】 速度继电器的图形符号及型号含义

速度继电器图形符号及型号含义如图 2-44 所示。



『学』

——打好地基，做好准备

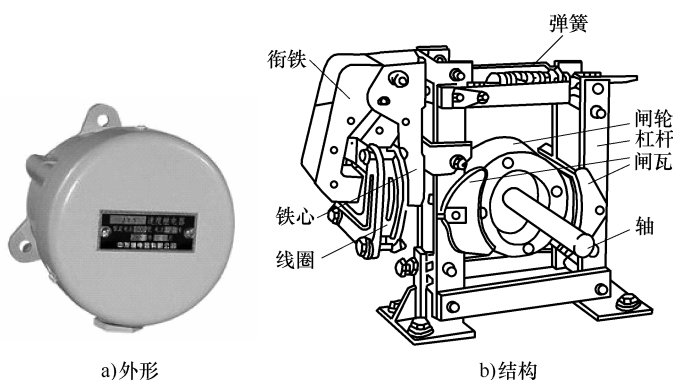


图 2-42 速度继电器外形及结构

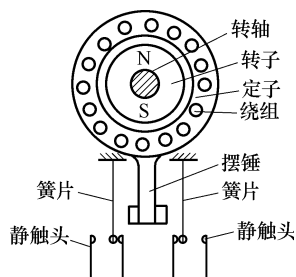
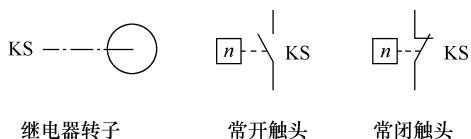
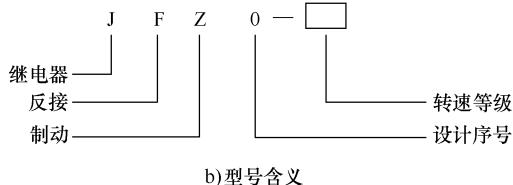


图 2-43 速度继电器结构简图



继电器转子 常开触头 常闭触头

a) 图形符号



b) 型号含义

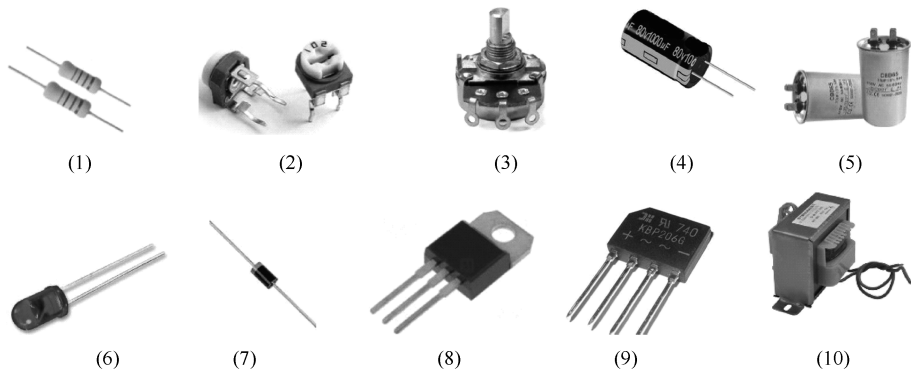
图 2-44 速度继电器图形符号及型号含义

2.3 我来做——认识元器件

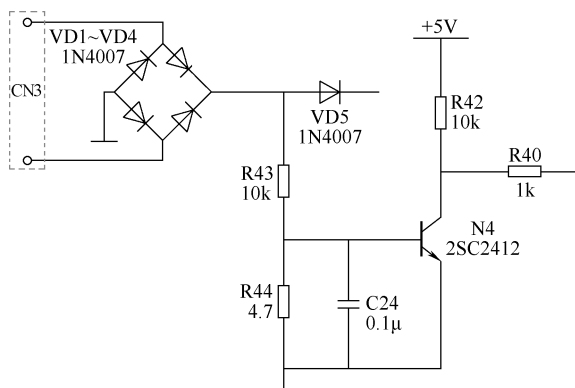


习题 2

2.1 写出下面电子元件的名称和图形符号。



2.2 写出下图中各元器件的名称及标称值或型号。



2.3 写出下面低压电器的名称和图形符号。



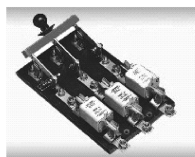
(1)



(2)



(3)



(4)



(5)



(6)



(7)



(8)



(9)

2.4 标出开关图中的常开、常闭触头。

2.5 简述断路器的结构及各线圈的主要特点。

2.6 简述继电器的主要作用和种类。

2.7 简述时间继电器的特点。



『学』

——打好筑基，做好准备

Ω

$\mathcal{R}$

K

Article II

第 II 篇

“思”——解答疑难，清除障碍

Φ

电气图识图



3.1 电气图识图的要求和步骤

3.1.1 识图的基本要求

1. 要掌握和利用电工基础知识来识图

为了正确而快速地识读电气图，具备良好的电工基础知识是十分重要的。各种变电所、电力拖动、照明及电子电路等的设计，都离不开电工基础知识。例如，变配电所中各电路的串联、并联设计及计算，为提高功率因数而采用补偿因数而采用补偿电容的设备等。

【经验分享】 电工基础知识

电压、电流、电阻等是电子电路中最基础、最重要的参数，通过这些参数可以了解电子电路的内在特性和工作状态。我们要学习和掌握电路图的知识，首先应该对这些概念有一个基本的了解或掌握。更要掌握串联、并联、混联的特点等。

2. 根据元器件的结构和工作原理来识图

任何一个电气图都是由各种元器件、设备、装置组成的，如电子电路中的电阻器、电容器、电感器、变压器、二极管、晶体管、晶闸管等，供配电高低压电路中的变压器、隔离开关、断路器、互感器、熔断器、继电器等。只有掌握了它们的用途、主要构造、工作原理及与其他元器件的相互关系（如连接、功能及位置关系），才能看懂电路图。例如，要识读一个电子放大电路，就要知道晶体管的结构、极性、放大原理、放大类型；要了解它的耦合形式是阻容耦合、变压器耦合、光敏耦合或是直接耦合等，因此，必须把各电子元器件的基本构造、工作原理搞懂，才能识图。

【重要提醒】 在看电路图时，首先要搞清楚这些元器件的性能、相互控制关系及整个电路中的地位和作用，这样才能看懂电流在整个回路中的流动过程和工作原理，否则电路图是无法识读的。

3. 结合单元电路或典型电路来识图

一张复杂的电路图，总是由单元电路或典型电路组合而成的，在识图时，应紧紧抓住单元电路或典型电路的特点，分清主次环节及其与其他部分的相互联系，对于识图是很重要的。

单元电路就是基本电路，如射极跟随器、分压式偏置放大电路、电子稳压器等；又如电力拖动中的启动、制动、正反转控制电路、联锁电路、行程限位控制电路等，都是典型电路。

【技巧点拨】 熟悉单元电路或典型电路是快速识图的捷径

图 3-1 所示是一个串联型稳压电源电路原理图，图中标注了各单元电路的元器件组成，图中的元器件可以对号入座到图上面的框图中，这些框图实际就是单元电路。

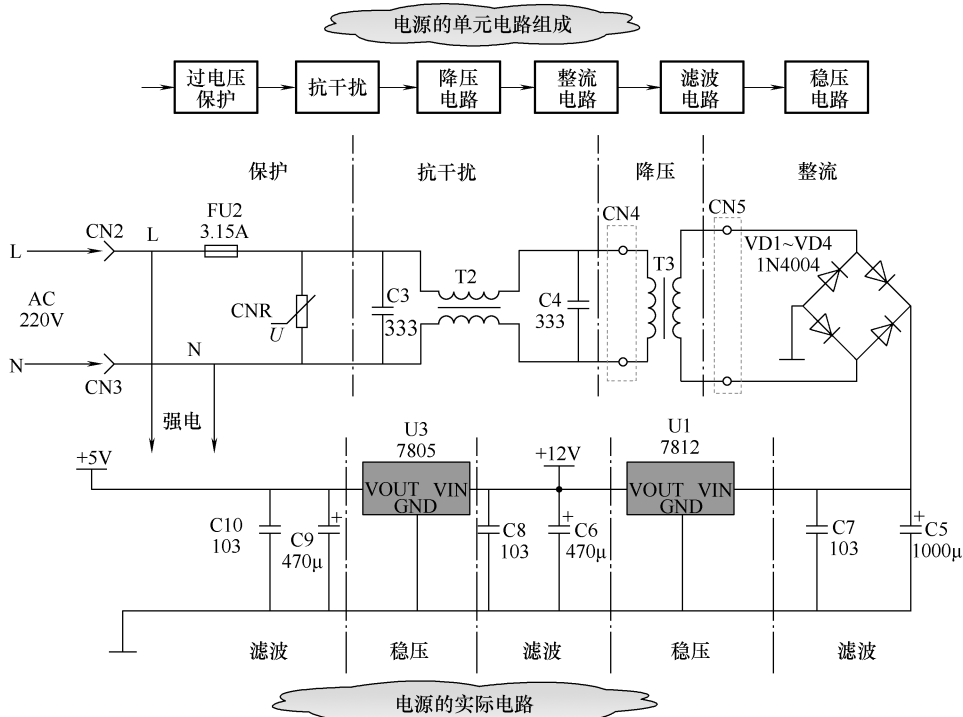


图 3-1 稳压电源电路原理图

4. 根据电气图的绘制特点来识图

要熟练掌握电气图的重要特点及绘制电气图的一般规则，如电气图的布局、图形符号及文字符号的含义、主副电路的位置、电气触头的画法、电气图与其他专业技术图的关系等，对识图大有帮助。

5. 结合其他专业技术图识图

其他专业技术图包括土建图、机械设备图等，电气图往往同它们密切相关，各种电气布置图更是如此。因此，读这类电气图时应与相关图样一并识读。

3.1.2 识图的基本步骤

1. 供配电系统项目识图的基本步骤

识读供配电系统项目图的基本步骤一般是，从标题栏、技术说明到图形、元器件明细表，从总体到局部，从电源到负载，从主电路到副电路，从电路到元器件，从上到下，从左到右。

(1) 看图样说明

包括首页的图样目录、技术说明、设备材料明细表和设计、施工说明书等，由此对工程项目的設計内容及总体要求大致有所了解，这样有助于抓住识图的重点内容。



(2) 看电气原理图

看电气原理图时，先要分清主电路和副电路，交流电路和直流电路，再按照先看主电路、后看副电路的顺序读图。

看主电路时，一般是由上而下即由电源经开关设备及导线向负载方向看；看副电路时，则从上到下、从左到右，即先看电源，再依次看各个回路，分析各副电路对主电路的控制、保护、测量、指示等功能，以及其组成和工作原理。

(3) 看安装接线图

安装接线图是由原理接线图绘制而来的，因此，看安装接线图时，要结合原理图对照识读。先看主电路，从电源引入端开始，顺序经开关设备、电路到负载；后看副电路，从电源的一端到另一端，以及连接顺序依次对回路进行分析。

(4) 看展开接线图

看展开图时，一般是先看各展开回路的名称，然后从上到下、从左到右识读。要特别注意，在展开图中，同一设备的各部件是按其功能分别画在不同回路中的（同一设备的各部件均标注同一项目代号，其项目代号通常由文字符号和数字编号组成），因此，读图时要注意各部件动作之间的相互联系。

同时要注意的是，一些展开图的回路在分析其功能时，有可能是交叉的形式。

(5) 看平面、剖面布置图

看电气布置图时，要先了解土建、管道等相关图样，然后看电气设备的位置（包括平面、立面位置），由投影关系详细分析各设备的具体位置尺寸，并弄清各电气设备之间的相互连接关系、电气线路引入和引出走向等。

2. 其他类别图识读的基本步骤

其他类别的电气图，如电力拖动、电子电路、梯形图等，其识读的原则及步骤与供电系统项目识图相类似，如表 3-1 所示。

表 3-1 其他类别图识读的基本步骤

看标题栏	由此了解电气项目的名称、图名等有关内容，对该图的类型、作用、表达的大致内容有一个比较明确的认识和印象
看技术说明或技术要求	了解该图的设计要点、安装要求及图中未表达而需要说明的事项
看电气图形	这是识图最主要的内容，包括看懂该图的组成、各组成部分的功能、元件、工作原理、能量流或信息流的方向及各元件的连接关系等。由此对该图所表达电路的功能、工作原理有比较深入的理解

识读电气图形的关键在于必须具有一定的专业知识，并且要熟练电气图的基本知识，熟知常用电气图形符号、文字符号和项目代号等。

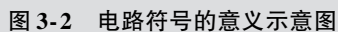
3.2 弱电识图的基本方法

3.2.1 识读电路图的要求

1. 要熟悉每个元器件的电路符号

电子元器件是组成各种电路及设备的基本单元，首先要熟悉电子元器件的电路符号是识

电路符号的意义示意图如图 3-2 所示。



48



『思』

解答疑难，清除障碍

对于电子产品的装配、检测、测试和维修人员来说，达到此项要求极为重要。在维修时，通常首先要根据故障现象，参考电路原理图分析出可能产生故障的部位；然后准确迅速地查找到相关部位，对有关元器件进行必要的测试；最后确认产生故障的真正原因并设法予以排除。

【技巧点拨】 图上位置的表示方法

在绘制、阅读和使用电路图时，往往需要确定元器件、连接线等图形符号在电路图上的位置。通常，电路图上位置的表示法有三种：图幅分区法、表格法和电路编号法。

(1) 图幅分区法（见图 3-3）

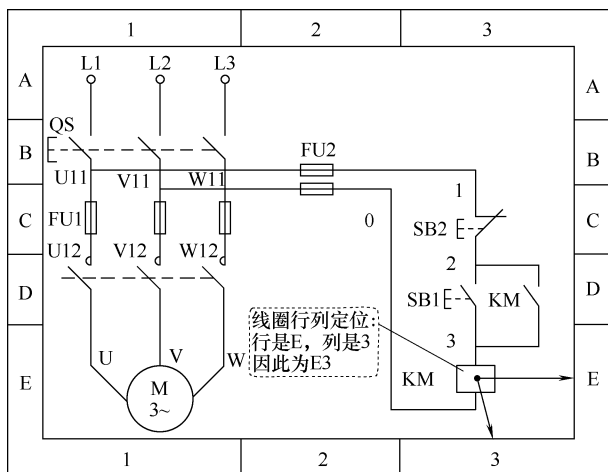


图 3-3 图幅分区法

图幅分区法是一种用行、列和行列组合标记来表明图上位置的方法。如图 3-3 所示，在图的边框处，竖边方向用大写拉丁字母（如 A、B、C、…）标记、横边方向用阿拉伯数字（如 1、2、3、…）标记。编号顺序从左上角开始，分区数为偶数。通常对水平布置的电路，只标明行的标记，如隔离开关 QS 在 B 区；对垂直布局的电路，只标明列的标记，如按钮 SB1 在 3 区；对比较复杂的电路图或根据实际需要用行列组合标记，如接触器 KM 的主常开触头在 B1 区、线圈在 E3 区、辅助常开触头在 D3 区等。

(2) 表格法

对于项目种类较少而同类项目数量较多的电路图，可在图的边缘部分绘制一个按项目代号进行分类的表格，如图 3-4 所示。表格中的项目代号应在垂直方法或水平方向与图中相应的导通符号对齐，在图形符号旁仍需标注项目代号。

(3) 电路编号法

电路编号法是一种用阿拉伯数字来表示各支路项目位置的方法，如图 3-5 所示。电路编号按自左至右或自上而下的顺序排列。

3. 能够看懂框图

框图勾画出了电子设备组成和工作原理的大致轮廓。能够看懂框图，是掌握整个电子设备工作原理和工作特点的基础。

对于具体电子设备及电路的识别方法，一般是由简到繁、由整体到局部逐步摸索规律。

晶体管	V047		VD065	V049
电阻器	R048	R064 R063	R062 R065	
电容器	C001 C048	C003 C064		
滤波器				Z100

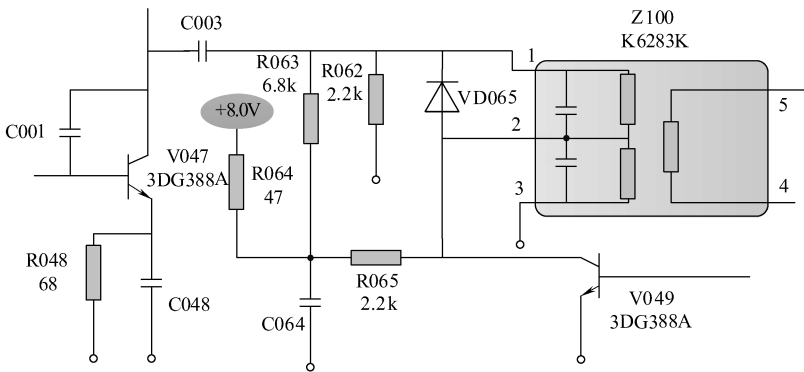


图 3-4 表格法

因此，了解和掌握具体设备的电路原理必须先读懂框图。

4. 具有一定的识别能力

一个电子设备通常是由许许多多元器件组成的单元电路所构成的。在读图过程中，还要求具有对单元电路、元器件的识别能力，即确认各单元电路的性质、功能及组成元器件。识别能力还体现在对元器件的实物识别等方面。

3.2.2 弱电识图的基本方法

任何一个电子设备，无论其电路复杂程度如何，都是由单元电路组成的。在对单元电路进行分析时，要认准“两头”，即输入端和输出端，进而分析两端口信号的演变、阻抗特性、从而达到弄清电路的作用、用途的目的。

各种功能的单元电路都有它的基本组成形式。而各单元电路的不同组合，构成了不同类型的整机电路。在了解各单元电路信号变换作用的基础上，再来分析整机电路的信号流程，就能对整机电路的工作过程有个全面的了解。弱电识图的基本方法如表 3-2 所示。

表 3-2 弱电识图的基本方法

化繁为简、器件为主	我们的识图对象是较为复杂电子产品的电路原理图。要一下子读懂有成千上万个元器件组成的复杂电路确有困难，<u>遵循化繁为简、由表及里、逐级分析的识读原则</u>，读懂、走通电路就变得容易了 化繁为简就是将复杂电路看成是由主要元器件组成的简单基本电路。而基本电路的核心又是各种电子元器件，如电路中的集成电路、放大器中的晶体管、检波电路中的二极管都是对电路工作原理起主要作用的器件。所以在分析电路时要注意把握器件为主的要领
-----------	---

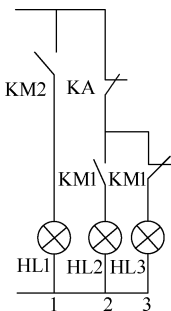


图 3-5 电路编号法

(续)

查找电源和地线	每个电子设备都少不了电源，每个电子电路的工作都需要有电源来提供能量。 <u>在识图时找到电源，不仅能了解各电子电路的供电情况，而且还能依此线索对电路进行静态分析</u> 对于检修来说，通常应了解电路中各点工作电压的情况，分析时要抓住地线，并以此作为测量各点工作电压的基准
功能开关、走通回路	许多电子设备中都有控制其实现多种功能的功能开关。 <u>功能开关的切换可使电子设备工作于不同的状态，在其内部形成不同的工作回路。</u> 因此，读图时必须弄清功能开关在不同位置时的电路特点、工作情况

识图能力的培养，不是一朝之功所能达到的。在熟练掌握基本识图知识的基础上必须勤于学习、勇于实践，探索出行之有效的识图方法。

3.3 强电识图的基本方法

3.3.1 电气控制电路识图要点和步骤

1. 电气控制电路识图要点

掌握电气控制元器件的结构、工作原理是识图的重点。继电器、接触器及中间继电器的线圈一旦得电，就会带动衔铁吸合，使它们的主、辅触头做相反的变化（原来接通的现在断开，原来断开的现在接通），去接通或断开主电路及其他电路实现控制。而时间继电器，线圈得电后，其常开、常闭触头不是马上接通或断开，而是要延时一段时间，才接通或断开电路，延时时间的长短是可以调整改变的。只要掌握这些元器件特点，其控制电路就很容易理解和看懂了。

电气控制电路分主电路和辅助电路（控制电路）。主电路一般用粗实线画在图样的上方或左方，它与三相电源相连，连接负载，允许通过大电流，受辅助电路的直接控制；辅助电路是通过较弱电流的控制，用细实线画在图样的下方或右方，控制主电路的动作。

2. 电气控制电路图的识读程序

电气工程图，除应了解建筑电气工程图的特点外，还应该按照一定顺序进行阅读，才能比较迅速全面地读懂，以完全实现识图的意图和目的。

电气控制电路图的识读程序如表 3-3 所示。

表 3-3 电气控制电路图的识读程序

看标题栏及图样目录	了解工程名称、项目内容、设计日期及图样数量和内容等
看总说明	了解工程总体概况及设计依据，了解图纸中未能表达清楚的各有关事项，如供电电源的来源、电压等级、线路敷设方法、设备安装高度及安装方式、补充使用的非国标图形符号、施工时应注意的事项等。有些分项局部问题是在各分项工程的图样上说明的，看分项工程图样时，也要先看设计说明



『思』

解答疑难，清除障碍

(续)

看系统图	各分项工程图中包含有系统图，如照明工程的照明系统图及有线电视系统图等。看系统图的目的是了解系统的基本组成、主要电气设备、元件等连接关系及它们的规格、型号、参数等，掌握该系统的基本概况
看平面布置图	平面布置图是重要的电气工程图之一，如电力平面图、照明平面图及接地平面图等，都是用来表示设备安装位置、线路敷设方法及所用导线的型号、规格、数量、管径大小等。通过识读系统图，了解了系统组成概况之后，就可以依据平面图编制工程预算和施工方案，具体组织施工了。所以对平面图必须熟读，对于施工经验还不太丰富的初学者，有必要在识读平面图时，选择识读相应内容的安装大图样
看电路图和接线图	了解各系统中用电设备的电气自动控制原理，用来指导设备的安装和控制系统的调试工作，因电路图多是采用功能图绘制的，看图时应依据功能关系从上至下或从左至右一个回路、一个回路地识读。若能熟悉电路中各电器的性能和特点，对识读图纸将是一个极大的帮助。在进行控制系统的配线和调校工作中，还可配合识读接线图和端子图
看安装大图样	安装大图样是按照机械制图方法绘制的，原理详细表示设备安装方法的图纸，也是用来指导安装施工和编制工程材料计划的重要图样。特别是对于初学者更重要，甚至可以说是不可缺少的。安装大图样多常用全国通用电气装配标准图集
看设备材料表	设备材料表提供了该工程使用的设备、材料的型号、规格和数量，是编制购置主要设备、材料计划的重要依据之一

识图的顺序没有统一的规定，可以根据需要，自己灵活掌握，并应有所侧重。有时一张图要反复阅读多遍。为更好地利用图样指导施工，如家装电工，识读图样时，还应配合阅读有关施工及验收规范、质量检验评定标准，以及全国通用电气装置标准图集，以详细了解安装技术要求及具体安装方法等。

在看电气照明工程图时，先要了解建筑物的整个结构、楼板、墙面、棚顶材料结构、门窗位置、房间布置等，在分析照明工程时要掌握以下内容：

1) 进线回路编号、进线线制（三相五线、三相四线、单相两线制）、进线方式、导线电缆及穿管的规格型号。

2) 照明配电箱的型号、数量、安装标高、配电箱的电气系统。

3) 照明线路的配线方式、敷设位置、线路走向、导线型号、规格及根数。

4) 灯具的类型、功率、安装位置、安装方式及安装高度。

5) 开关的类型、安装位置、离地高度、控制方式。

6) 插座及其他电器的类型、容量、安装位置、安装高度等。

有时标注是不齐全的，施工者可以依据施工及验收规范进行安装。

【经验分享】 识图的方法

在识图的方法上，可采取先粗读、后细读、再精读的步骤。

粗读就是先将图纸从头到尾大概浏览一遍，主要了解工程的概况，做到心中有数。此外，主要是阅读电气总平面图、电气系统图、设备材料表和设计说明。

细读就是按照识图程序和要点仔细阅读每一张施工图，有时需反复阅读多遍。为更好地利用图纸指导施工，使之安装质量符合要求，应对以下内容了如指掌：



『思』

——解答疑难，清除障碍

- 1) 每台设备和元器件安装位置及要求。
- 2) 每条管线揽走向、布置及敷设要求。
- 3) 所有线缆连接部位及接线要求。
- 4) 所有控制、调节、信号、报警工作原理及参数。
- 5) 系统图、平面图及关联图样标注一致，无差错。
- 6) 系统层次清楚、关联部位或复杂部位清楚。

精读就是将对关键部位及设备、元器件、复杂控制装置的施工图重新仔细阅读，系统掌握中心作业内容和施工图要求，做到胸有成竹、滴水不漏。

3.3.2 识读强电图应具备的知识技能和注意事项

1. 识读强电图应具备的知识技能

- 1) 熟练掌握强电图形符号、文字符号、标注方法及其含义，熟悉强电电气工程制图标注、常用画法及图样类别等。
- 2) 熟悉电气装置安装工程施工及验收规范、设计规范、安装工程质量验收标准及有关部委标注规范等。
- 3) 掌握强电配电基本知识，能看懂强电配电及弱电系统图和原理图。
- 4) 熟练掌握强电电气工程中常用的电气设备、元器件、材料（如开关设备、继电器、接触器、导线电缆、电气仪表、灯具、信号装置、探测器等）的性能作用、工作原理、规格型号，了解其生产单位和市场价格。
- 5) 熟悉单位工程有关设计的规范及标准，了解设计的一般程序、内容及方法。
- 6) 熟悉一般电气工程的安装工艺、程序、方法及调试方法。

2. 识读强电图应具备的注意事项

识读强电图应具备的注意事项如表 3-4 所示。

表 3-4 识读强电图应具备的注意事项

应精细	读图切忌粗糙，而应精细，必须掌握一定的内容，了解工程的概况，做到心中有数
要做好记录	做好识图记录，一方面是帮助记忆，另一方面为了便于携带，以便随时查阅
忌杂乱无章	一般应按房号、回路、车间、某一子系统、某一子项为单位，按识图程序阅读
了解图形符号	识图时必须弄清各种图形符号和文字符号，弄清各种标注的意义
掌握电气设备的特点	识图时，对图中所有设备、元器件、材料的规格、型号、数量、备注要求要准确掌握。其中材料的数量要按工程预算的规划计算，图中列出的材料数量只是一个估算数，不以此为准。同时手头应有常用电气设备及材料手册，以便及时查阅
应注意比例	识图时应注意图中采用的比例，特别是图量大时，各种图上的比例都不同，否则对编制预算和材料单将会有很大影响。导线、电缆、管路、防雷线等以长度单位计算工作量都要用到比例
跨行共识	识图时，凡遇到涉及土建、设备、暖通、空调等其他专业的问题时要及时翻阅对应专业的图样，除详细记录外，应与其他专业负责人取得联系，对其中交叉跨越、并行打架或其他需要互相配合的问题要取得共识，并且在会审图样纪要上写明责任范围，共同遵守



『思』

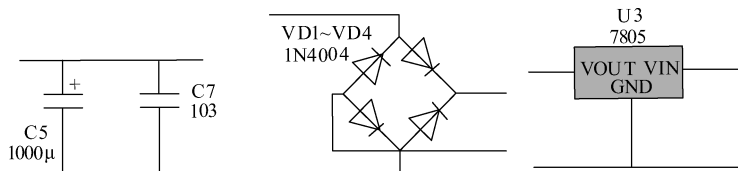
——解答疑难，清除障碍

3.4 我来做——清除障碍



习题3

- 3.1 简述识读电气图的要求和步骤。
- 3.2 下面的电路分别是什么单元电路？



- 3.3 元器件或设备在图上位置的表示方法有那几种？
- 3.4 简述识读图样的方法和步骤。



『思』

——解答疑难，清除障碍

Ω

$\mathcal{R}$

$\mathcal{K}$

Article III

第Ⅲ篇

“行”——学以致用，攻坚克难

Φ

“行”是“知”的体现，是“知”的归宿。只有将“知”转化为“行”，才能真正实现学以致用，攻坚克难。在“行”的过程中，会遇到各种困难和挑战，但只要坚持“学以致用，攻坚克难”的精神，就一定能够克服困难，取得成功。

电子应用电路识图



4.1 电阻器的应用电路识图

4.1.1 电阻器串联分压

【解疑答问】 为什么要分压？

图 4-1 所示是电路分压的原因

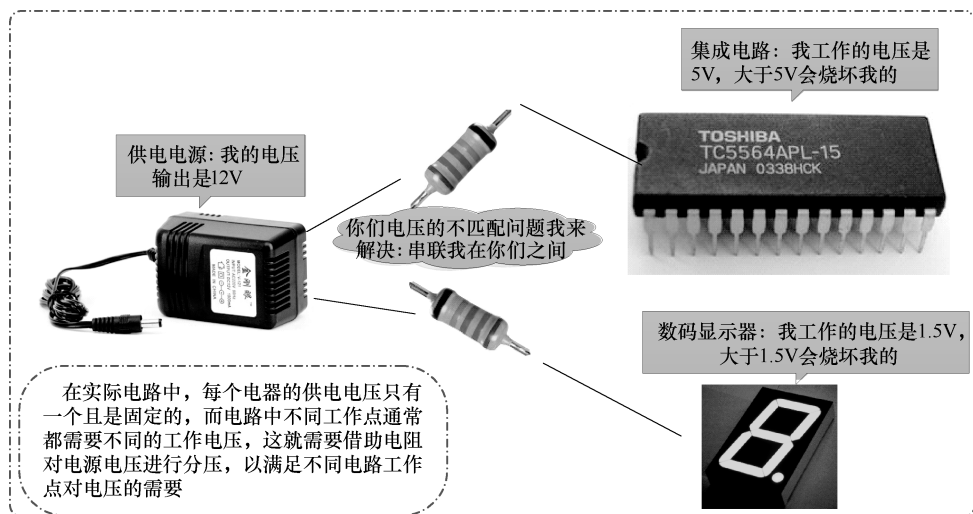


图 4-1 电路分压的原因

【基本电路】 电阻分压原理

在采用电阻分压的电路中，电阻通常采用串联的方式进行连接。电阻分压电路原理图和仿真图如图 4-2 所示。

【拓展电路 1】 连续可调分压器的工作原理

连续可调分压器的工作原理和仿真图如图 4-3 所示。在可变电阻的热端加上 $+U$ 的电压，调节其中心抽头就可得到 $0 \sim +U$ 的可变电压。

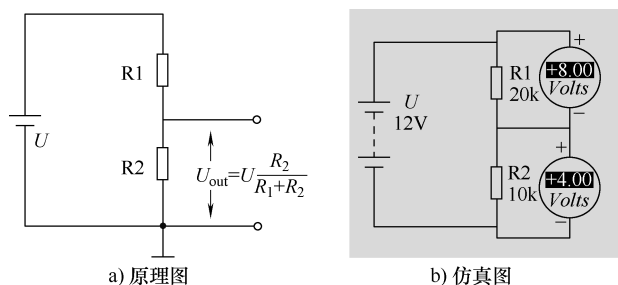
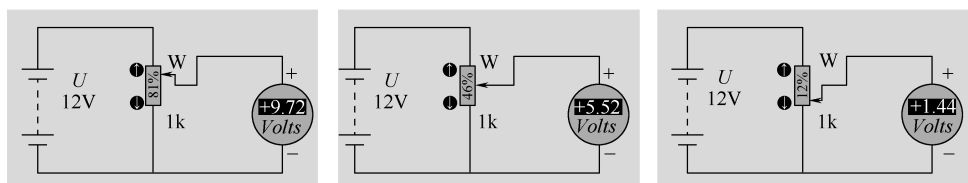
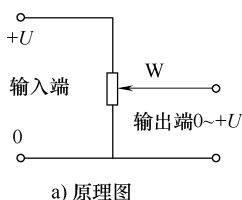


图 4-2 电阻分压电路原理图和仿真图



b) 电位器在不同位置的仿真图

图 4-3 连续可调分压器的工作原理图和仿真图

【拓展电路 2】 电阻的上拉、下拉电路

(1) 电阻的上拉电路

电阻的上拉电路如图 4-4a 所示，这是数字电路中的一个反相器。反相器在不接入上拉电阻而输入端悬空时，外界的低电平干扰信号容易从输入端进入到反相器中，使反相器输出端输出误动作；反相器在接入上拉电阻后，该电阻可以在没有输入信号时，输入端始终稳定地处于高电平状态，防止了可能出现的低电平干扰。

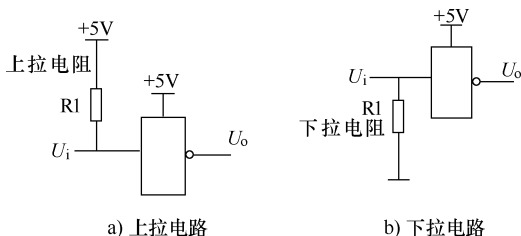


图 4-4 电阻的上拉、下拉电路

(2) 电阻的下拉电路

电阻的下拉电路如图 4-4b 所示，这是数字电路中的一个反相器。输入端通过下拉电阻接地，这样在没有高电平输入时，可以使输入端稳定地处于低电平状态，防止了可能出现的高电平干扰，使反相器发生无动作。

4.1.2 电阻器并联分流

【基本电路】 电阻分流原理

图 4-5 所示是由电阻器并联分流电路。电路中的 R2 是分流电阻，如果没有 R2，总电流只有一条途径就是经过 R1，加入 R2 后，有一部分电流就也通过了 R2 支路，使 R1 支路的电流比不加入 R2 时减少了。

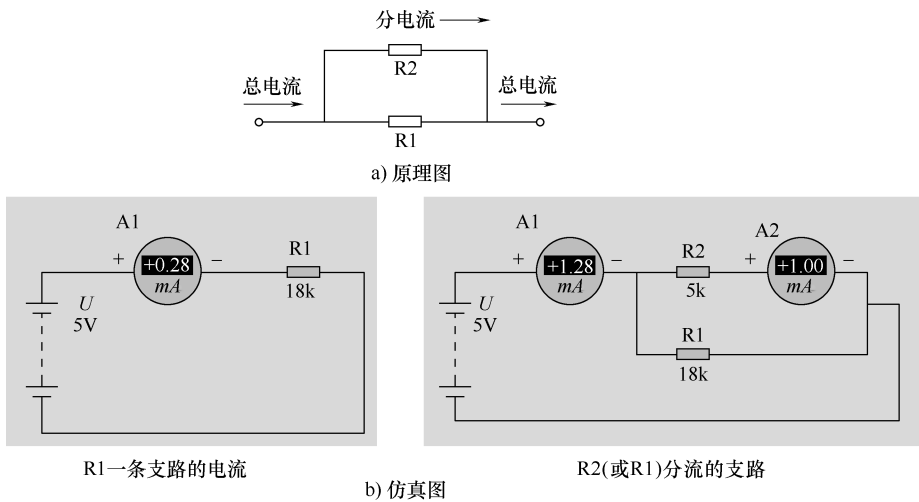


图 4-5 电阻器并联分流电路

【拓展电路】 电阻限流

图 4-6 所示是一个发光二极管指示电路，发光二极管的额定电流一般都很小，往往供电电源的电流都很大，电源电流直接加在发光二极管上就烧毁了它，因此，一般采取发光二极管与电阻串联，使该支路电阻增大而电流减小，从而保障了发光二极管的正常工作条件，使之正常发光。

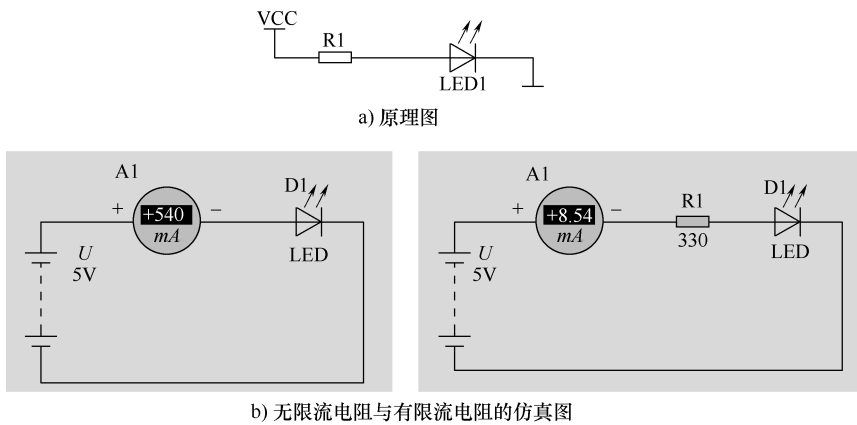


图 4-6 电阻限流电路



4.2 电容器应用电路识图

4.2.1 电容器的滤波、退耦

1. 电容滤波

如图 4-7 所示，在整流电路（VD1 ~ VD4）的输出端并联一较大容量的电解电容器 C1，利用电容器对电压的充放电作用，使输出电压趋于平滑。该形式的滤波电路多用于小功率的电源电路中。

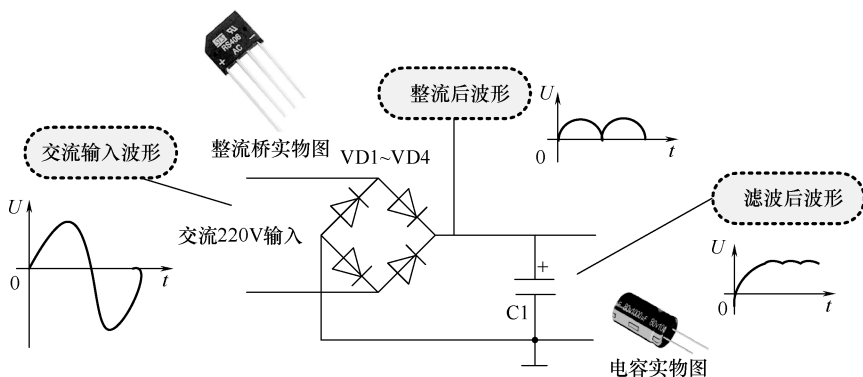


图 4-7 电容滤波电路原理图

【技巧点拨】 滤波电容器的连接方式

滤波电容器一定是与整流输出和后级负载是以并联的方式连接的！

2. 电容退耦

在多级放大器的直流电压供给电路中或集成电路中使用这种电容退耦电路，退耦电容器可以消除每级放大器之间的有害低频。电容退耦原理图如图 4-8 所示，图 4-8a 所示的 C，图 4-8b 所示的 C1 为退耦电容器。

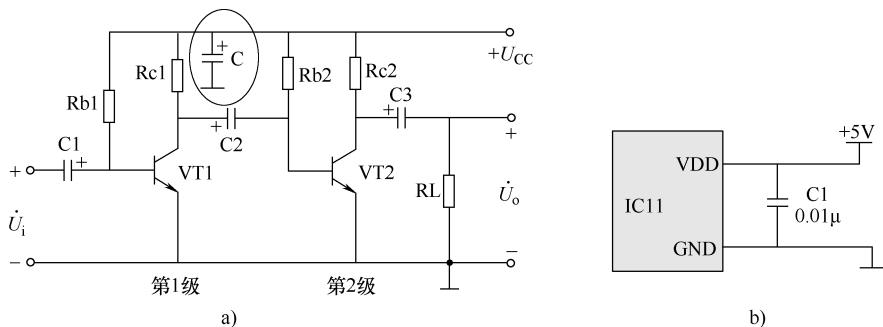


图 4-8 电容退耦原理图



『行』

学以致用，攻坚克难

4.2.2 电容器的耦合、旁路

把前一级电路的信号输送至后一级电路的传输元件称为耦合元件，电容耦合的好处是“隔直通交”，这样前、后级电路的静态工作点互不影响，而交流信号可顺利通过。图 4-9a 所示为甲电路信号耦合到乙电路原理图；图 4-9b 所示电路中的 C1、C2 为耦合电容器。

把某支路的信号短路到地称为旁路，图 4-9b 所示的 C3 就是发射极旁路电容，C3 把发射极上的交流信号旁路到地。

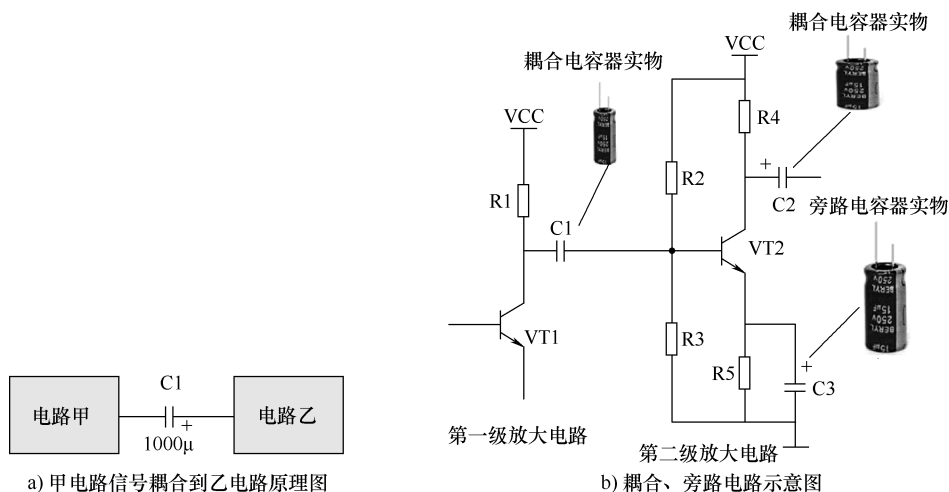


图 4-9 电容器耦合、旁路电路

【技巧点拨】 耦合、旁路电容器的连接方式

耦合电容一定是在两个电路之间串联的！但两个电路之间串联的电容器不一定是耦合形式的，如负反馈电容器。

旁路电容器是一端连接某一电路，而另外一端接地。

4.2.3 X 电容器、Y 电容器

安规电容器分为 X 电容器、Y 电容器，它们用于抑制电磁干扰 (EMI)/射频干扰 (RFI)。图 4-10 所示是开关电源的输入电路，C1、C2 为 Y 电容器，设电源输入线上相线为零线，则

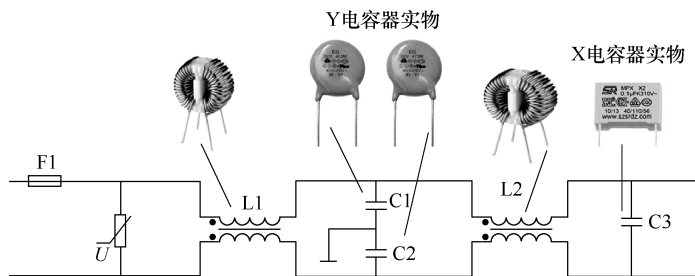


图 4-10 开关电源输入电路中的 X 电容器、Y 电容器



『行』

——学以致用，攻坚克难

相线上的共模高频干扰信号通过 Y 电容器 C1 到地，零线上的共模高频干扰信号通过 Y 电容器 C2 到地，这样共模高频干扰信号就不能加到后级电路中，到达了抑制共模干扰信号的目的。

电路中的 C3 为 X 电容器，由于高频干扰信号频率比较高，C3 对高频干扰信号的容抗小，这样差模高频干扰信号通过 X 电容器 C3 组成回路，而不能加至后级的电路中，从而达到了消除差模高频干扰信号的目的。

4.2.4 调谐、谐振电容器

调谐、谐振电容器电路如图 4-11 所示。LC 组成调谐电路，改变电容（可变电容器）的容量，LC 振荡回路的频率发生改变，进而使其与接收电台的电磁波频率相同，这个频率的电磁波就在调谐电路中激起了较强的感应电流，这样就选出了电台。

图 4-11 所示的 T、C2 也组成了振荡回路，只不过 C2 是固定电容器，这个振荡回路的频率一般是固定的——简称中

频。例如，收音机中频是 455KHz，电视机伴音第二伴音中频为 6.5MHz 等。这里的 C2 称为谐振电容器或槽路电容器。

【重要提醒】 调谐、谐振电容器的区别

调谐电容器一般是可变电容器，因为需要“调节”；谐振电容器一般是固定电容器。

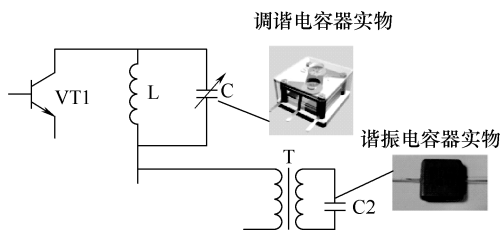


图 4-11 调谐、谐振电容器电路

4.3 电感器与变压器应用电路识图

4.3.1 电感器的滤波

利用电感电流不能突变的性质，把电感与整流电路的负载相测量，就可以起到滤波的作用。

【技巧点拨】 滤波电感器的连接方式

电感滤波电路原理图如图 4-12 所示。在桥式整流电路与负载 RL 间串联一个电感器 L 就构成了电感滤波电路，如图 4-12a 所示；在电感器滤波电路后边再接入一电解电容器就可以构成 LC 型滤波电路，如图 4-12b 所示；在电容器电路后边再接入一个 LC 型滤波器就构成一个 LC π 型滤波电路，如图 4-12c 所示。

4.3.2 电感器的谐振

电磁炉的电感谐振电路原理图如图 4-13 所示。其主要组成元器件有，谐振电容器 C5、IGBT 和线圈 L。LC 振荡电路是整个电路的核心部分，是电能转换成为电磁能的实现部分。图中 L 是加热线圈（励磁线圈），它与谐振电容器 C5 并联组成 LC 谐振电路。



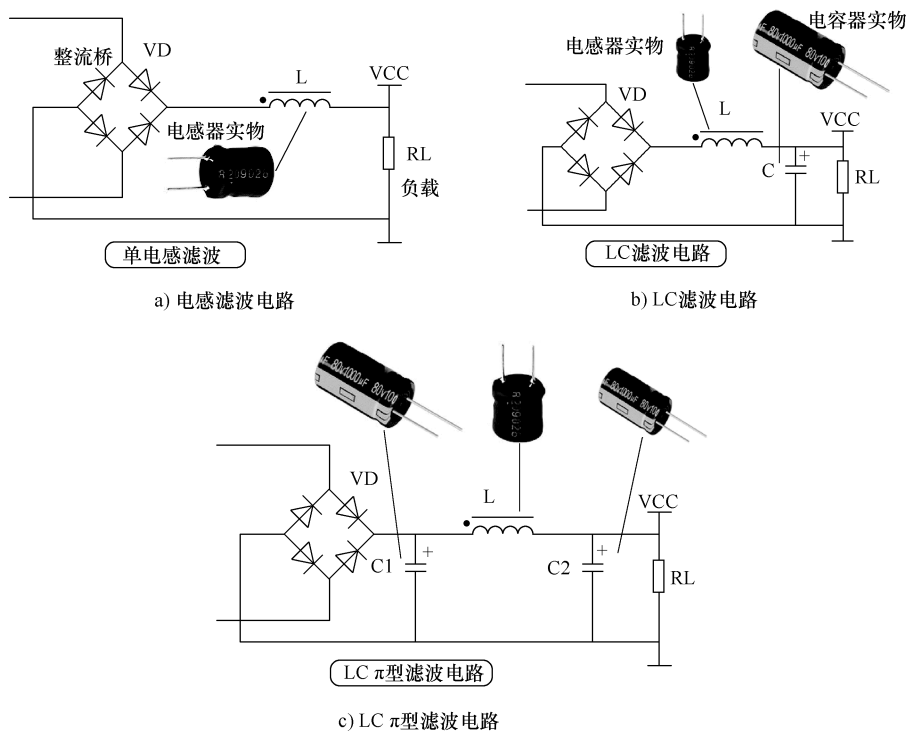


图 4-12 电感滤波电路

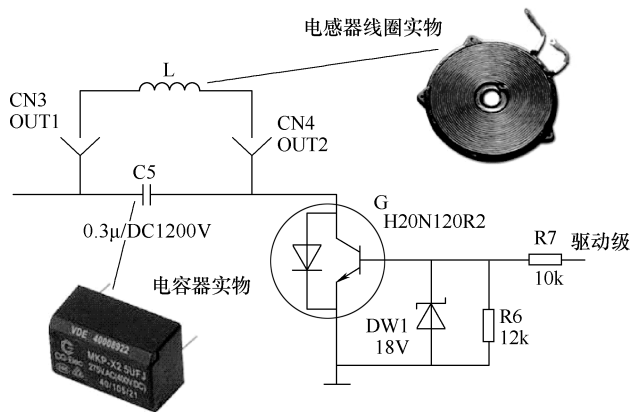


图 4-13 电磁炉的电感谐振电路原理图

4.3.3 电感器的共模、差模

在交流市电中存在共模和差模两种高频干扰信号，对于共模干扰就需要用共模电感电路来抑制，图 4-14a 所示的 L1、L2 就是共模电感器，图 4-14b 所示的 L3、L4 就是差模电感器。



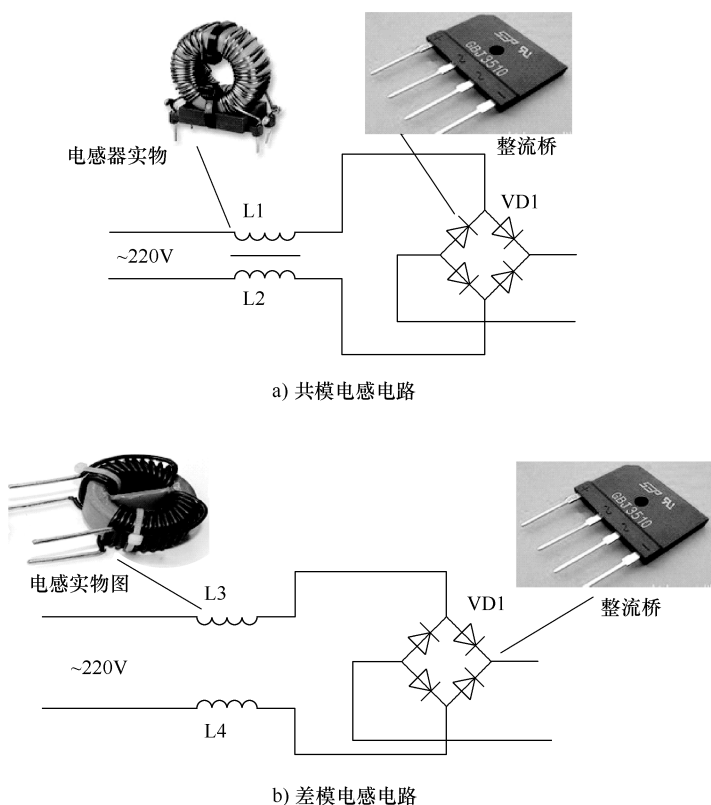


图 4-14 电感共模、差模电路

4.3.4 变压器的应用

1. 降压变压器的应用

图 4-15 所示是一个电源电路的原理图。220V 市电经过变压器 T 降压为 25V 的交流电，经整流桥 VD 整流、RC π 型滤波就得到了低压直流电压。

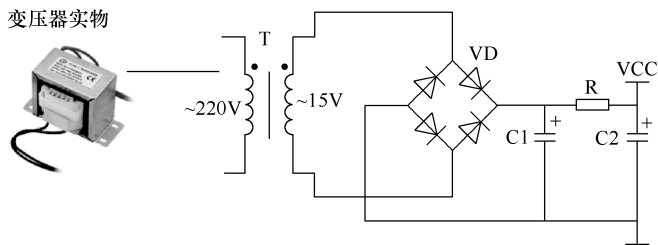


图 4-15 电源电路的原理图

2. 匹配、耦合变压器的应用

图 4-16 所示是一收音机的功放电路图，T6、T7 就是匹配变压器，也是耦合变压器。信号经电容器 C13 耦合至前置晶体管 VT6 的基极，经放大后从其集电极输出至匹配变压器 T6 的一次侧，一次侧耦合到二次侧，T6 二次侧把信号送至推挽输出晶体管 VT7、VT8 的两个基极，经功率放大后再经变压器 T7 的二次侧送至扬声器。

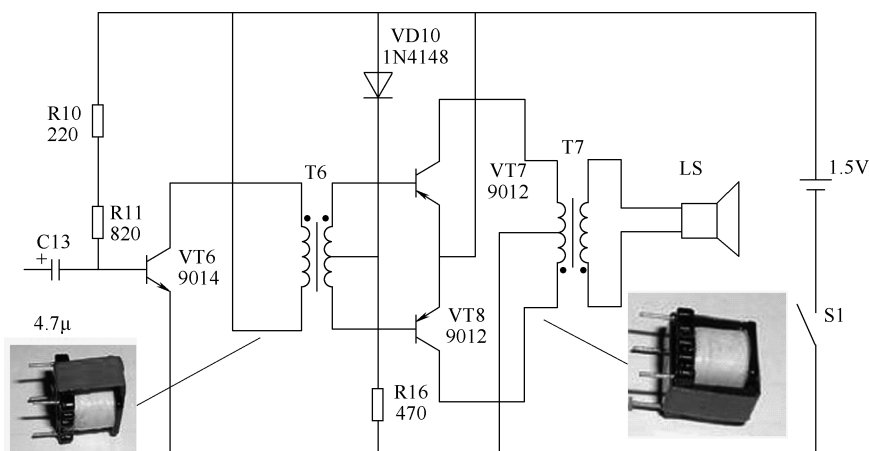


图 4-16 收音机的功放电路图

4.4 二极管应用电路识图

4.4.1 整流二极管及整流桥的应用

整流电路的形式常有半波整流、全波整流和桥式整流等，其工作原理如下。

1. 单相半波整流电路

图 4-17a 所示为单相半波整流电路图，电路由整流二极管 VD 和负载电阻 RL 组成。

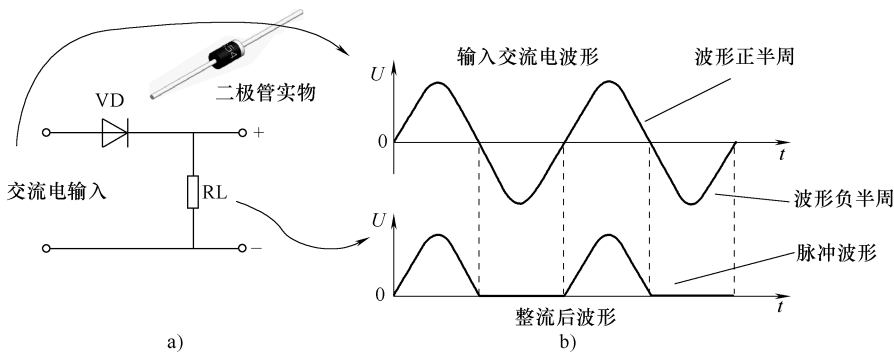


图 4-17 单相半波整流电路

【工作原理】 半波整流原理

当交流电源在正半周时，二极管 VD 导通输出电压；当交流电源在负半周时，二极管 VD 截止不输出电压。整流后的电压波形是脉冲的（或称为脉动电压）。

【经验分享】 半波整流直流极性输出的特点

整流二极管的负极是直流电的“正极”输出。

2. 单相全波整流电路

图 4-18 所示为单相全波整流电路，电路由电源变压器 T、整流二极管 VD1、VD2 和负载电阻 RL 组成。



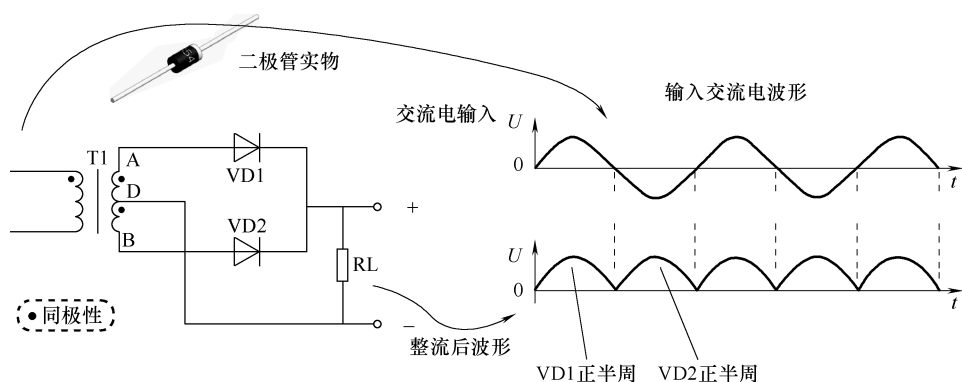


图 4-18 单相全波整流电路

【工作原理】 全波整流原理

电源变压器 T 的一次侧接交流电，在二次侧感应出两组交流电压。当二次侧为正半周时，二极管 VD1 承受正向电压而导通，VD2 承受反向电压而截止。此时电流的路径为 A→VD1→RL→D。

当二次侧为负半周时，二极管 VD2 承受正向电压而导通，VD1 承受反向电压而截止。此时电流的路径为 B→VD2→RL→D。

【重要提醒】 全波整流电路特点

全波整流电路必须采用具有中心抽头的变压器，并且每个线圈只有一半时间参与导电。

【经验分享】 全波整流直流极性输出的特点

整流二极管的正极连接变压器的二次侧；2 个整流二极管的负极连接在一起的，是直流电的“正极”输出；电源的负极是变压器的中心抽头。

3. 单相全桥整流电路

图 4-19 所示是单相全桥整流电路，电路由电源变压器 T、整流二极管 VD1 ~ VD4 和负载电阻 RL 组成。

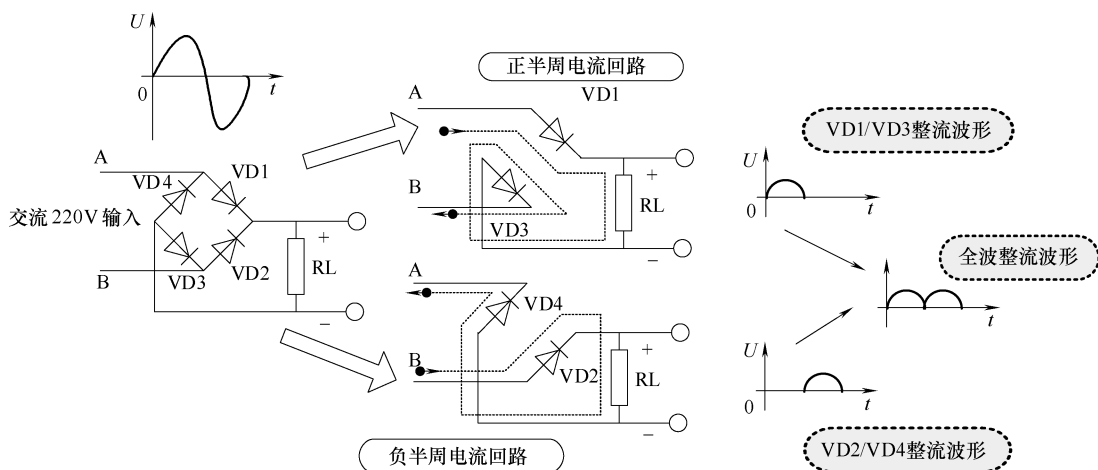


图 4-19 单相全桥整流电路



『行』

学以致用，攻坚克难

【工作原理】 全桥整流原理

电源变压器的二次侧感应出交流电压，当二次电压为正半周时，二极管 VD1、VD3 承受正向电压而导通，VD2、VD4 承受反向电压而截止。此时电流的路径为 $A \rightarrow VD1 \rightarrow RL \rightarrow VD3 \rightarrow B$ 。

当次级电压为负半周时，二极管 VD2、VD4 承受正向电压而导通，VD1、VD3 承受反向电压而截止。此时电流的路径为 $B \rightarrow VD2 \rightarrow RL \rightarrow VD4 \rightarrow A$ 。

【经验分享】 全桥整流二极管的连接特点

全桥整流二极管的连接特点如图 4-20 所示。

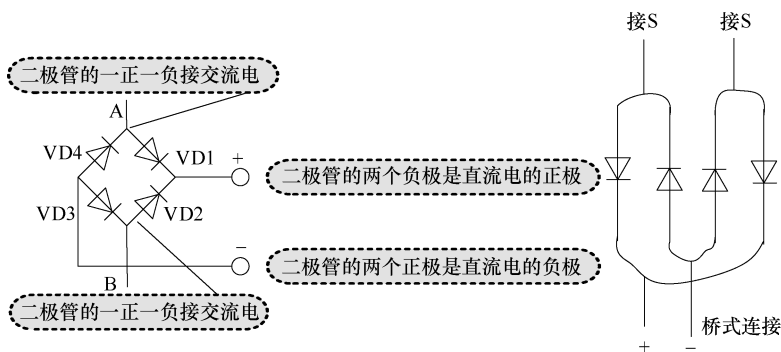


图 4-20 全桥整流二极管的连接特点

4.4.2 稳压二极管的应用

稳压二极管构成的典型直流稳压电路如图 4-21 所示。

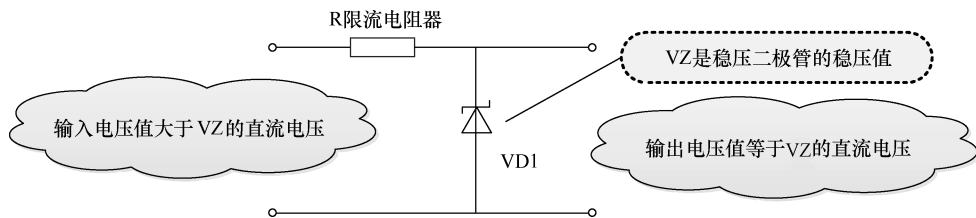


图 4-21 稳压二极管构成的典型直流稳压电路

【经验分享】 稳压二极管的连接方式

稳压二极管的负极与输入、输出电压的正极相连接！

【重要提醒】 稳压二极管的特点

稳压二极管工作时是反向导通的。

4.4.3 保护二极管的应用

图 4-22 所示是继电器驱动电路中的二极管保护电路，电路中的 K 是继电器，晶体管 VT 的驱动管，二极管 VD 是保护二极管，电容器 C、电阻器 R 构成继电器内部触头的电路。

继电器内部具有线圈的结构，所以它在断电时会产生电压很大的反电动势，会击穿继电



『行』

学以致用，
攻坚克难

器的驱动晶体管，为此要在继电器驱动电路中设置二极管保护电路，以保护继电器的驱动管。

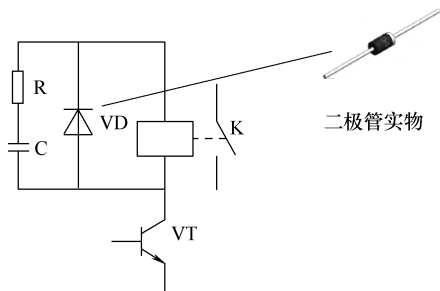


图 4-22 继电器驱动电路中的二极管保护电路

4.4.4 开关二极管的应用

图 4-23 所示电路是一个交直流供电电路，当用直流从插座 DC 输入时，为防止输入的直流电源反极性，在直流输入端设置有开关二极管 VD5。当正极输入到插座的动触头时，开关二极管处于正偏而导通，进行直流供电；当负极输入到插座的动触头时，开关二极管处于反偏而截止，断开直流供电，防止后级电路因插头的电源极性不正确而造成损坏。

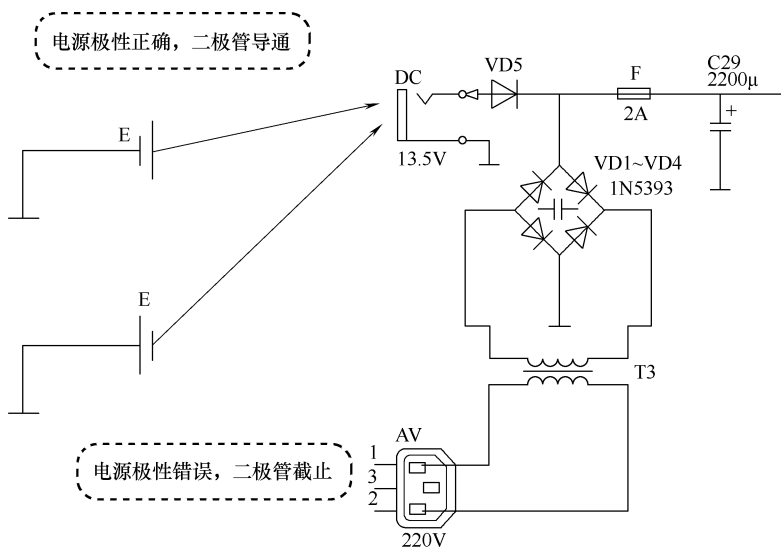


图 4-23 开关二极管的应用

4.5 晶体管应用电路识图

4.5.1 晶体管的放大应用

晶体管的基本放大电路组成框图如图 4-24a 所示。从图中可知，基本放大电路由四部分



组成：信号源、放大电路、负载及电源。其对应的基本放大电路图如图 4-24b 所示。它的信号从基极和发射极输入，放大后从集电极和发射极输出，发射极的输入、输出信号的公共端，因此，该电路为共发射极放大电路。

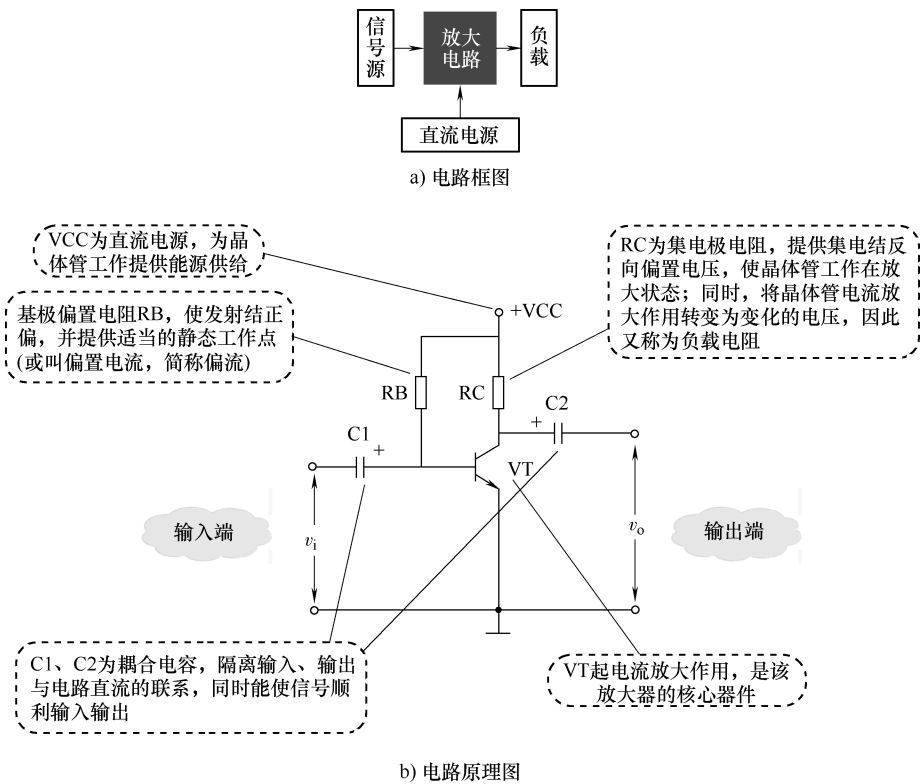


图 4-24 基本放大电路框图及电路原理图

【难点、易错点】 共发射极放大电路输入、输出波形图
共发射极放大电路输入、输出波形图如图 4-25 所示。

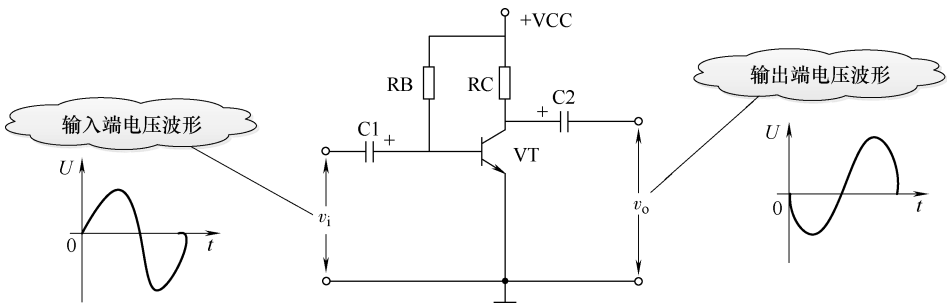


图 4-25 共发射极放大电路输入、输出波形图

共发射极放大电路输入波形与输出波形总是反向的，因此，该电路又称反向放大器。
分压式放大电路的基本组成如图 4-26 所示。



『行』

学以致用，攻坚克难

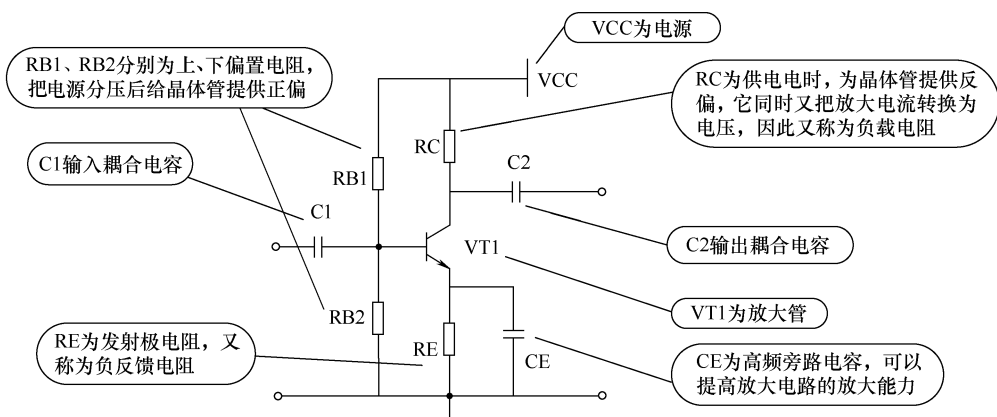


图 4-26 分压式放大电路的基本组成

4.5.2 晶体管的开关应用

【工作原理】 晶体管的开关原理

晶体管的开关原理图如图 4-27 所示。当输入端加上信号（如 +5V 高电平）时，晶体管 VT1 处于饱和状态，这时就相当于开关接通的情况。当无输入信号时（如 0V 低电平）时，晶体管 VT1 处于截止状态，这时就相当于开关断开的情况。

【实用电路】 空调器的控制电路

图 4-28 所示是一个空调器的控制电路图。当空调器接收到运行指令后，CPU 的引脚 5 发出高电平信号，晶体管 VT1 导通，继电器 K1 触头闭合，220V 市电被加至负载（电动机），负载得电而开始制冷工作。反之，CPU 的引脚 5 发出低电平信号，晶体管 VT1 截止，继电器 K1 触头常开，负载失电而停止制冷工作。

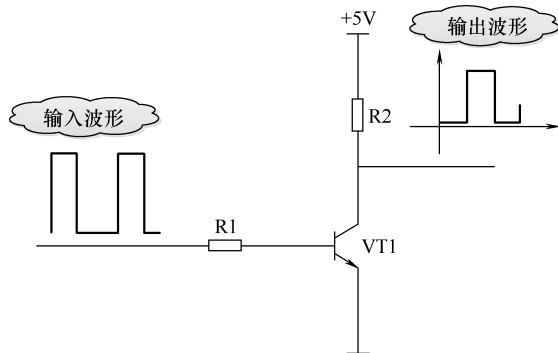


图 4-27 晶体管的开关原理图

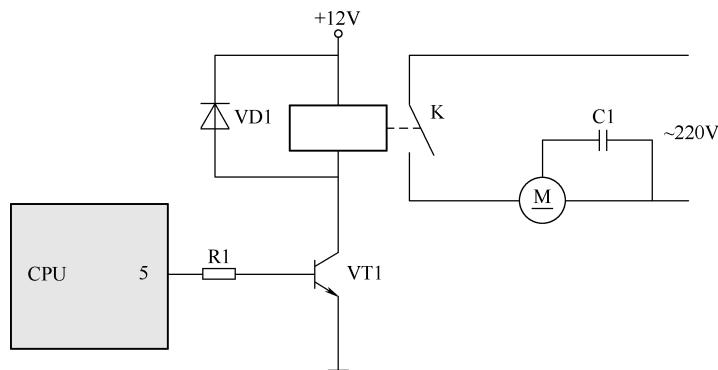


图 4-28 晶体管的开关应用



『行』

学以致用，攻坚克难

4.6 发光二极管应用电路识图

4.6.1 发光二极管电源指示灯电路

发光二极管电压指示电路如图 4-29 所示，图 a 所示电路是 6V 直流电压指示电路，图 b

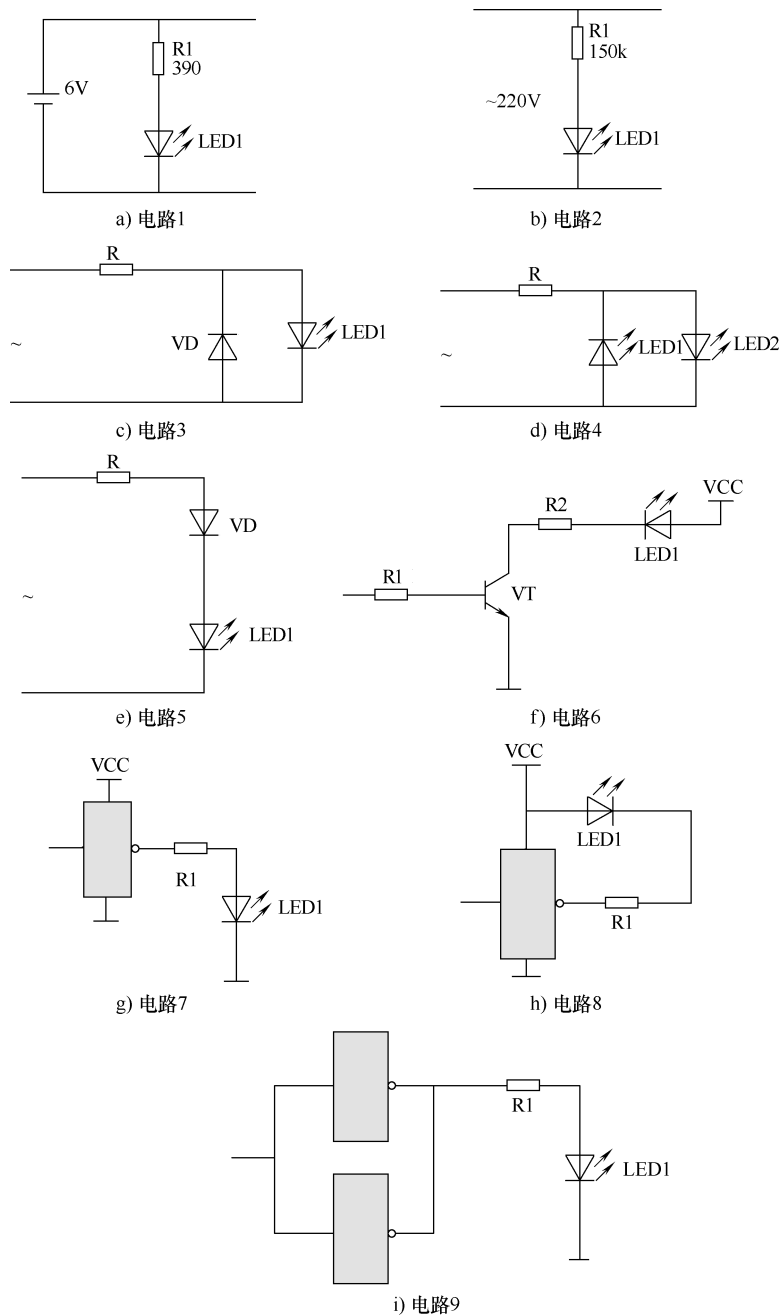


图 4-29 LED 驱动电路



『行』

——学以致用，攻坚克难

所示电路是 220V 交流电源插头上的通电指示电路。R 为限流电阻，改变 R 的大小，就可以改变其发光的亮度。图 c、d、e 所示电路是交流驱动电路。交流驱动也可以只连接一只 LED。这种电路常用作交流电源通电指示。图 f 所示电路是晶体管驱动电路。图 g 所示电路是门高电平驱动电路。图 h 所示电路是门低电平输出驱动电路，由于一般 LSTTL 的 $I_{OL} \approx 8\text{mA}$ ，故这种驱动方式通常均能满足 LED 电流的要求，当然若用缓冲器驱动，则更不成问题。

【技巧点拨】 多只 LED 驱动电路

如需同一电源同时驱动几只 LED，应将它们串联起来，如图 4-30a 所示。电源电压 VCC 应大于各 LED 正向压降（开启电压）之和。如将多个这样的电路相并联，就能用单一电源去驱动几乎任何数目的 LED。

同时驱动几个 LED 的另一方法是，将若干个 LED 分别串联后再并联，如图 4-30b 所示。但这种电路耗电量较大。

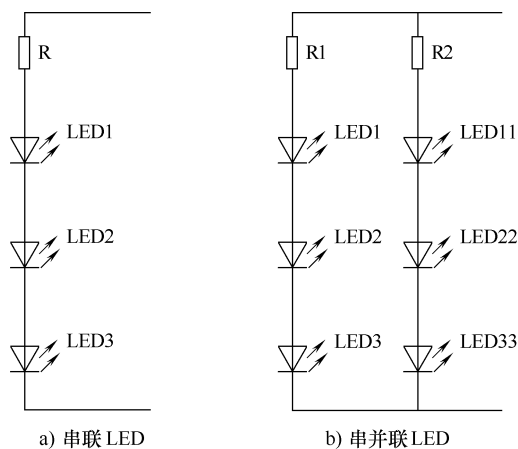


图 4-30 同时驱动几个 LED

【实用电路 1】 发光二极管电平指示器电路

发光二极管电平指示器电路如图 4-31 所示。图中，VT1 为晶体管放大器，VD1 为音频指示器，R1、R2 及 R3 为偏置电阻，C1 为耦合电容。音频信号送至晶体管 VT1 的基极，它的幅度变化将引起 VT1 集电极电流的相应变化。这一幅度变化的电流也流过发光二极管 VD1，因此，VD1 发光二极管的发光强弱也做相应的变化。由于电路中只用了一只发光二极管，所以称为单级发光二极管电平指示器。

【实用电路 2】 红外发光二极管的应用

图 4-32 所示是红外发光二极管的驱动电路，VD1 是红外发光二极管，VT1 是红外发光二极管的驱动管。当输入脉冲送至 R1 再到驱动管的基极时，使驱动管导通，就有集电极电流流过红外发光二极管，使红外发光二极管发出红外光。当输入脉冲为 0V 时，驱动管无基极电压便会截止，红外发光二极管没有电流便不会发光。

4.6.2 LED 数码管应用电路

在一些中高端电器中，往往需要显示数字量值，常采用七（八）段发光二极管构成的 LED 数码显示器。



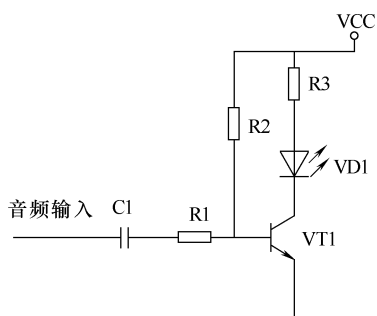


图 4-31 发光二极管电平指示器电路

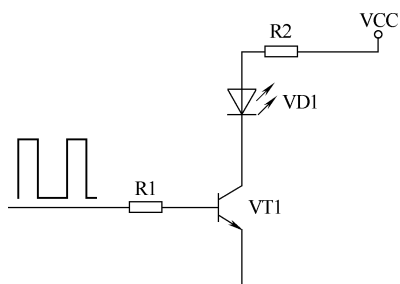


图 4-32 红外发光二极管的驱动电路

LED 数码显示器原理框图如图 4-33 所示。

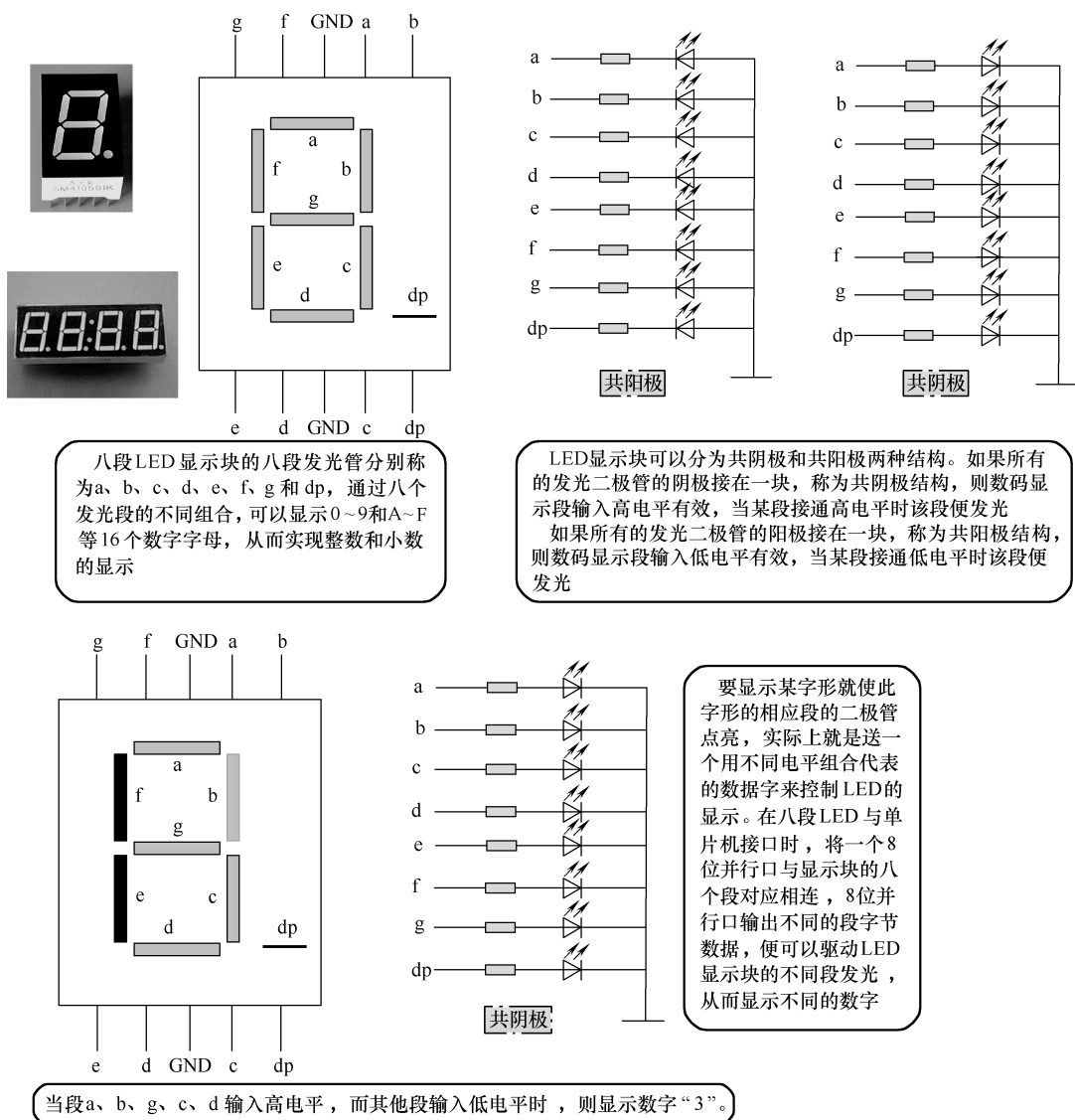


图 4-33 LED 数码显示器原理框图



『行』

——学以致用，攻坚克难

4.7 识图实例指南

4.7.1 框图的识图技巧

首先要了解该电子产品的主要作用、特点、用途和有关技术指标。然后依据框图的特点进行识读，其识读方法有以下几种。

【技巧点拨1】 顺着箭头读图

以输入信号为起始点，顺着箭头读图，经过中间电路直到输出端。一般为从左到右，从上到下的顺序，如图4-34所示的空调器电源电路框图。

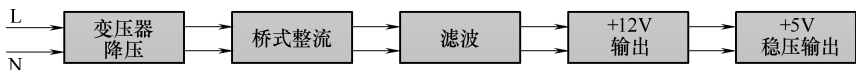


图 4-34 空调器电源电路框图

【技巧点拨2】 集成电路的识图

首先要了解该集成电路的内部功能，如集成电路功放 D2025 各引脚功能如表4-1所示。

表 4-1 集成电路功放 D2025 各引脚功能

引 脚 号	引脚主要功能	引 脚 号	引脚主要功能
1	BTL 输出	9	地
2	输出 1 (R 声道)	10	同相输入 2
3	自举 1	11	反馈 2
4	地	12	地
5	地	13	地
6	反馈 1	14	自举 2
7	同相输入 1	15	输出 (L 声道)
8	纹波抑制	16	正电源

在了解集成电路的内部功能后，就可以根据其功能的性质去识读该电路了。集成电路功放 D2025 原理图如图4-35所示。以集成电路为中心，按功能向四周辐射读图。

1) 先看电源。电源是电路的整个能源供给。引脚16为正极；引脚4、5、9、12、13为负极。引脚1为BTL输出，本电路没有采用，因此接地。

2) 在输入电路。以L声道为例，从计算机等信号源输入的音频信号，经音量电位器W11调节、电容器C11耦合，在通过音调W12调节、电容器C13耦合至IC的引脚10。其中，电容器C12及W12组成音调网络。

同理，对于R声道，从计算机等信号源输入的音频信号，经音量电位器W21调节、电容器C21耦合，在通过音调W22调节、电容器C23耦合至IC的引脚7。其中，电容器C22及W22组成音调网络。

3) 再输出电路。信号经过集成电路内部放大后，经中点（耦合）电容器C4输出至扬声器，扬声器发声。C15是高频旁路电容器，用以改善音质、丰富低音。

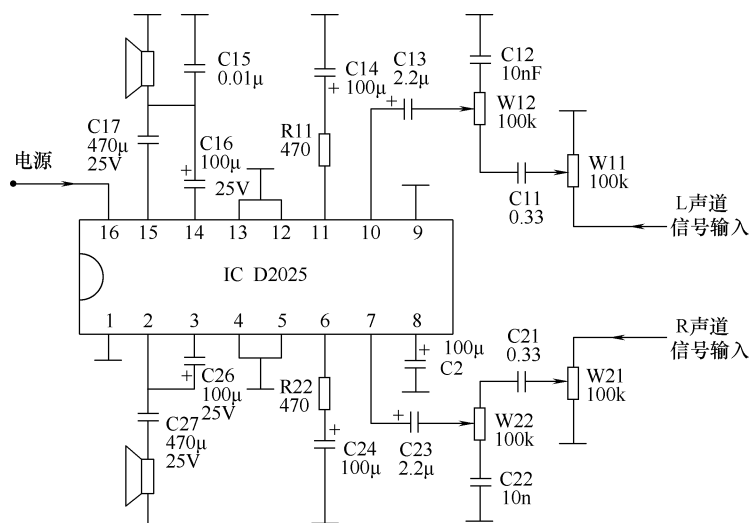


图 4-35 集成电路功放 D2025 原理图

4) 其他电路功能。电阻器 R11、电容器 C14 为负反馈网络，起改善音质、稳定电路的作用；同样道理，电阻器 R22、电容器 C24 也是负反馈网络。电容器 C2 为退耦滤波。电容器 C16、C26 为自举升压。

【技巧点拨 3】 大型框图的识图

大型方框图要按照各功能、各流程识图。例如，图 4-36 所示是彩色电视机电路框图，识图顺序可按照电源供电（多路）、振荡、复位、遥控开/关机、行激励输出、场激励输出、中频输入、视频输出…。

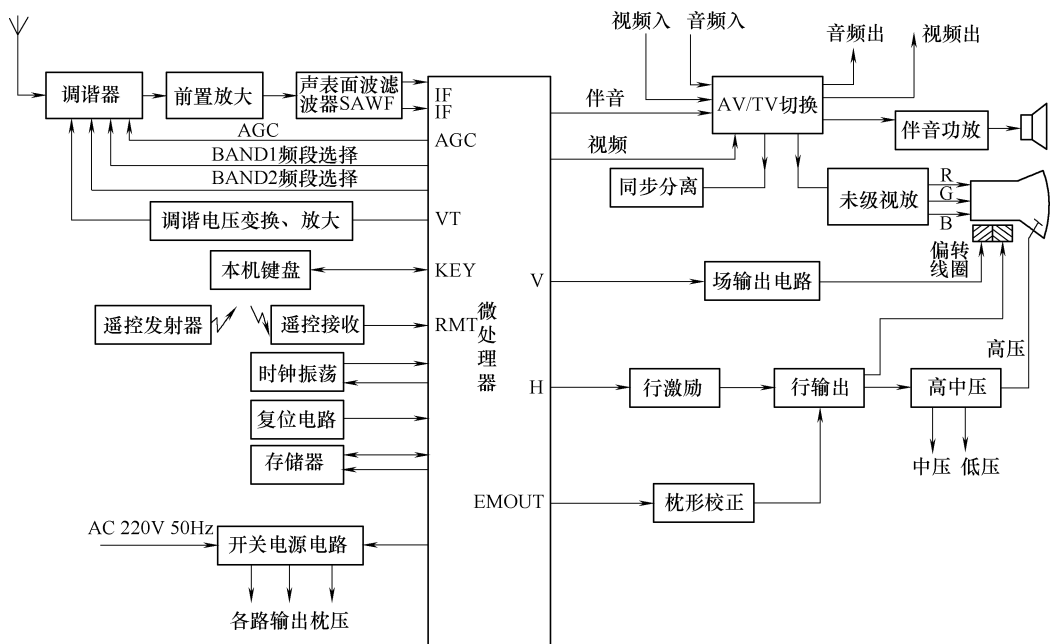


图 4-36 彩色电视机电路框图



4.7.2 电路图的识图技巧

一张普通的电路图,对于初学者来讲,根本不知从何入手识图和读图,想找一个元器件,就如同大海捞针一样,感到有些渺茫,更何况要学习它的原理。但是,任何事物都具有规律性和普遍性,电子电路在结构和原理上也同样是大同小异的,只要循序渐进依照一定的规律学习和认识它,就会事半功倍地达到掌握和运用的目的。下面着重谈一谈识读电路图有哪些经验。

【经验分享】 识读电路图

1) 掌握基本单元电路。然后一张复杂的电路原理图都是由许多基本的电子电路组合而成的,这些基本电子电路称之为单元电路。例如,一个晶体管及其外围元器件构成一个单元电路,一个集成块及外围元器件构成一个单元电路等。所以在学习复杂电路之前,必须要掌握好基本电路。对单元电路的组成、功能、工作原理、电路典型参数、元器件的编号、性能等要重点认识和掌握,对单元电路的直流通路、交流通路、信号流程要理解和熟练掌握。

2) 掌握耦合方式。单元电路与单元电路的连接,叫耦合。根据连接时所采用的元器件不同,常有以下几种耦合方式:直接耦合、阻容耦合、变压器耦合及光耦合等。单元电路只有通过耦合,才可组成一个个庞大的电路,才能完成传输和处理各种信号,从而了解信号的流程情况。

3) 理解每个框图包含有几个单元电路,每个框图的主要作用是什么,处理哪些信号,这些信号有什么特点,从而达到了解这一系统的组成、原理和主要作用,进而懂得整机的工作原理。

4) 掌握各集成电路的原理、功能、引出脚功能及作用。随着电子工业的迅猛发展,集成电路的型号难以计数,对生疏的集成电路,需要查找资料,以帮助认识和了解。

【技巧点拨 1】 以主要元器件为中心,先主后次

图 4-37 所示是开关电源的调整电路,识读时,以调整管(晶体管 VT513)为中心,分别分析它的各电极供电或信号流程情况。

开关管工作时,一般为供电、启动、自激振荡三个过程。

供电就是开关管集电极加电。滤波后的 310V 直流电压,通过开关变压器 T511 一次侧的 3—7 绕组加到开关管 VT513 的集电极,开关管的发射极接电源的负极上。

启动就是给开关管基极提供偏压。启动电路由 R502、R521、R522 和 R524 组成,这些电阻串联后,把 310V 的直流电压分压后加至开关管的基极,提供开关管工作的启动电流,使开关管启动工作。

自激振荡就是让自由振荡维持下去。当开关管启动导通过后,有集电极电流流过开关变压器 T511 的 3—7 绕组,产生引脚 3 为正,引脚 7 为负的感应电压。由于变压器的互感作用,在正反馈 1—2 绕组中产生引脚 1 为正,引脚 2 为负的正反馈电压。这个电压经过 VD517/(C514、R519)、R524 为开关管提供基极电流,使其基极电流增大,集电极电流也随之增大,导致开关管迅速进入饱和导通状态。

开关管进入饱和导通后,C514 也不断地被这个电流充电,其两端的电压为上负下正。此时,在开关变压器 T511 的 1—2 绕组中感应出一个负电动势,并加到开关管 V513 的基极,使 V513 基极电压下降,V513 退出饱和状态,进入放大状态,集电极电流继续下降,开关变





压器1—2绕组中的负感应电动势进一步增长，又是强烈的正反馈使V513迅速退出放大状态，进入截止状态，从而完成一个振荡周期。

如此反复循环，开关管周而复始地导通（开），截止（关），使开关电源产生了自激振荡并维持下去。

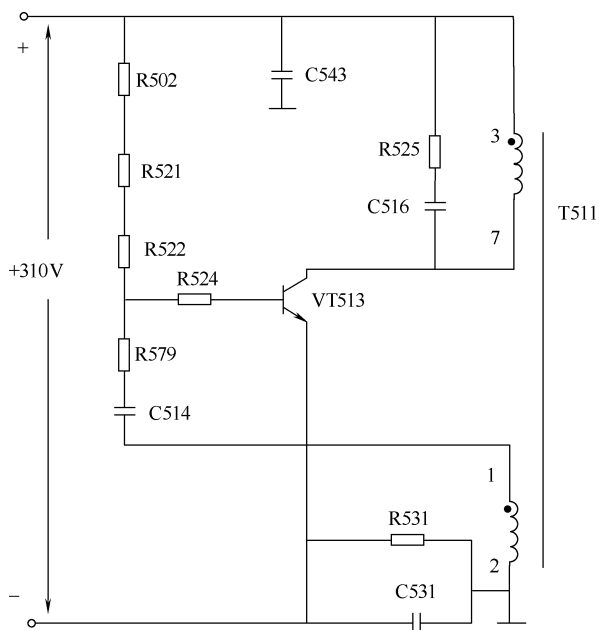


图 4-37 开关电源的调整电路

【技巧点拨2】 以输入信号为起始点，按照信号流程的方向进行识读

图4-38所示是串联型稳压电源电路。识图就按照电源框图的顺序来进行：降压（T1）→整流（D01~D04）→滤波（C01、C02）→电源输出（+9.0V）→稳压（7805，D05是保护二极管）→电源输出（+5.0V）。

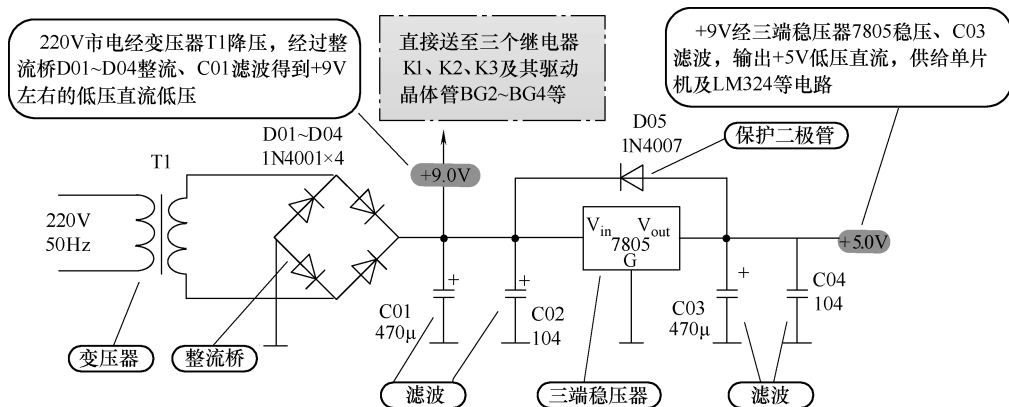


图 4-38 串联型稳压电源电路

【技巧点拨3】 按各功能电路进行识读

对于单片机进行识图时，一般是按照如下顺序：三个工作条件（供电、振荡、复位）→输入电路（键盘、采样、遥控、检测等）→输出电路（驱动、状态指示、保护等）。对于单片机不熟悉的功能，可查阅或参考资料来帮助认识。

4.7.3 印制电路图的识图技巧

印制电路图的识读应配合电路原理图一起完成，其识读方法如下。

【经验分享】 印制电路图的识读技巧

1) 首先读懂与之对应的电路原理图，找出原理图中基本构成电路的关键元器件（如集成电路、晶体管、变压器等）。

FM 收音机的工作原图如图 4-39 所示。关键元器件是，集成电路（D7642）、晶体管（VT1、VT2）、音量电位器（RP）、调谐器（CBM）、发光二极管、扬声器等。

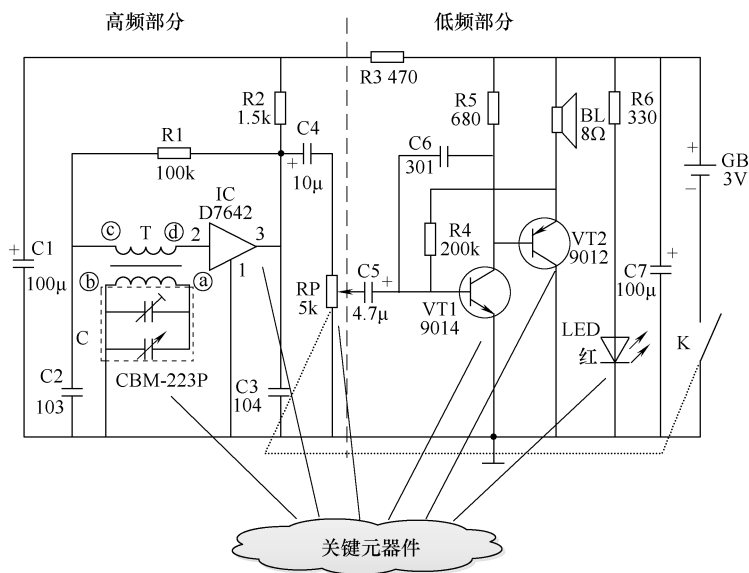


图 4-39 FM 收音机电路原理图

2) 在印制电路板上找出接地端。通常大面积铜箔或靠印制板四周边缘的长线铜箔为接地端。图 4-39 所示电路的印制电路板如图 4-40 所示。

3) 根据印制电路的读图方向，结合电路的关键元器件在电路中的位置关系及与接地端的关系，逐步完成印制电路组装图的识读。

例如，要查找电容器 C6 在印制电路板上的位置，要先看电容器 C6 在电路原理图上的具体位置，C6 在电路原理图上是与关键元器件 VT1 的基极与集电极并联的，在印制电路图上先找到 VT1，C6 就很容易找到了。查找 C6 示意图如图 4-41 所示。

4.7.4 识图之一——串联型稳压电源电路原理图

串联型稳压电源电路原理图如图 4-42 所示，工作原理简述如下。

市电经电源变压器 T 降压，变为交流 9V 的低压，再通过熔断器 F 直接加至桥式整流器 VD1 ~ VD4 整流、电容器 C1 滤波，得到 +11V 左右的低压，然后送至稳压电路稳压。

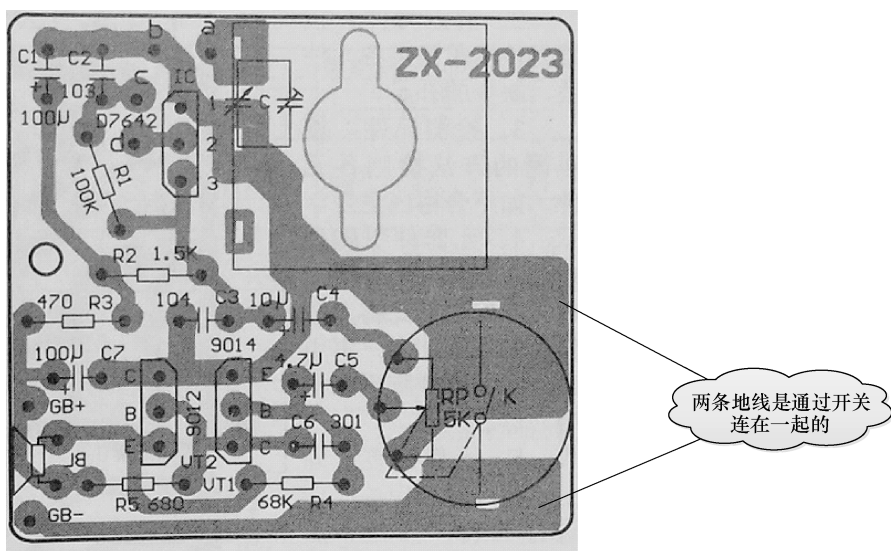


图 4-40 图 4-39 所示电路的印制电路板

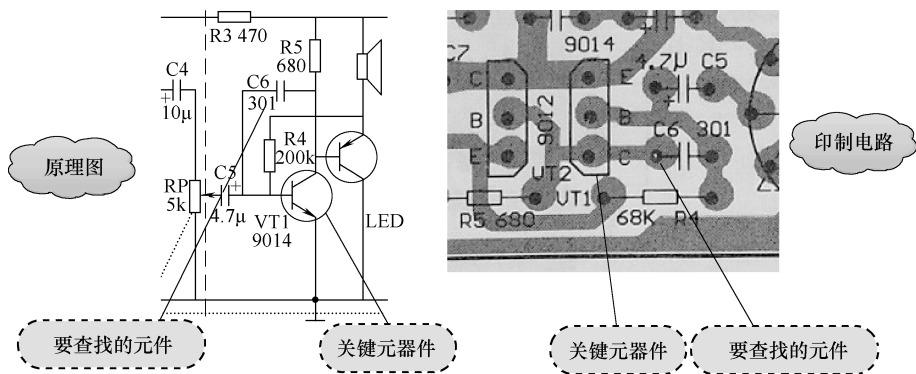


图 4-41 查找 C6 示意图

稳压电路由晶体管 VT1、VT2 组成复合调整管，晶体管 VT3 为比较放大，微调电阻 RP 采样，电阻 R2 及二极管 VD5、VD6 组成基准电路等构成。其稳压原理为，采样电路 RP 将输出电压的一部分送至比较放大器 VT3 的基极与基准电路送至其发射极的电压进行比较，然后把它们的误差值进行比较放大后，从其集电极输出至调整管的基极，去控制调整管的工作状态，使输出的电压保持稳定。调节 RP，输出电压可在 3~6V 间随意调整。

C1、R1、C2 又组成 π 型滤波，C3 为输出电压滤波。若 VD5、VD6 用一只 1.5V 稳压管代替，则稳压二极管需反接。

4.7.5 识图之二——电视机串联型稳压电源电路原理图

图 4-43 所示是 5.5 英寸黑白电视机的电源电路原理图。电源变压器把 220V、50Hz 的交流电降压为 14~18V 的低压电，然后经过整流、滤波电路把它转换成平滑的直流电，最后，经过串联型稳压电路，把输出电压稳定在负载所需的电压范围内。



「行」

学以致用，
攻坚克难

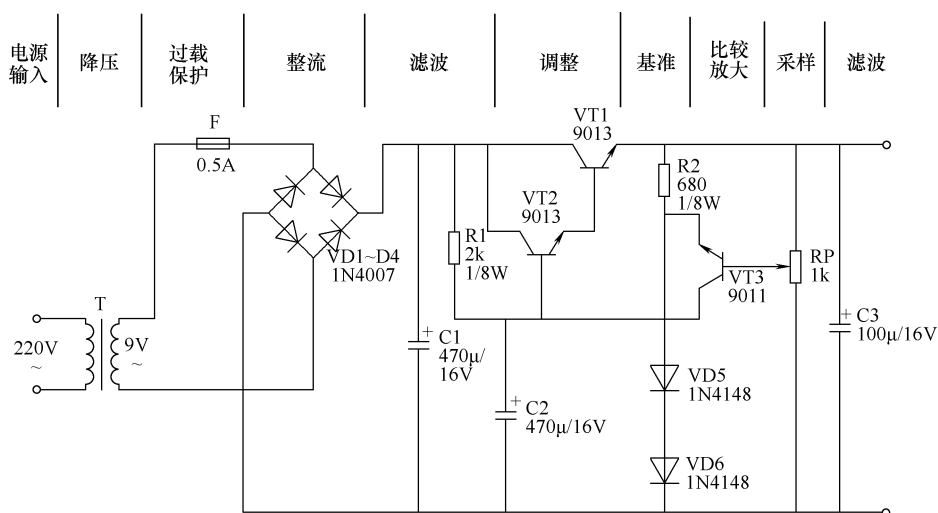


图 4-42 串联型稳压电源的原理图

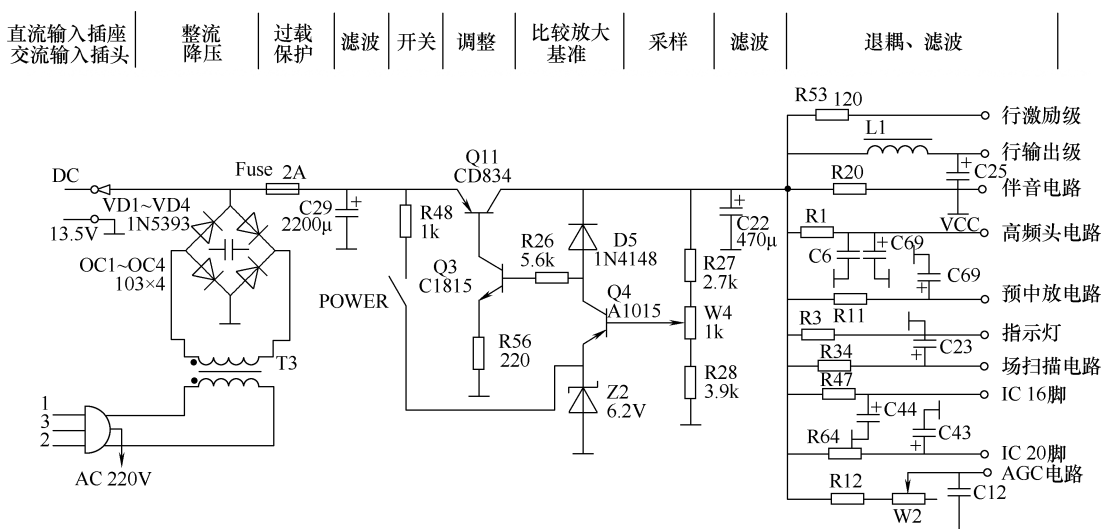


图 4-43 5.5 英寸黑白电视机的电源电路原理图

电源电路各元器件的主要作用如下：

- 1) 变压器 T3，降压。
- 2) 整流器 D1 ~ D4，整流；抗干扰电路 OC1 ~ OC4。
- 3) 滤波电路 C29 前级滤波，C22 后级滤波。
- 4) 采样电路 R27、R28、W4，其中 W4 是微调电阻，调节它可改变输出电压的范围。
- 5) 基准电路 R48、Z2、R48，R48 同时也是 Q4 的偏置电阻。
- 6) 比较电路 Q4、D5、R26。
- 7) 调整电路 Q11、Q3、R56，组成复合调整管。
- 8) 其他元器件其中 FUSE 为整机熔断器，POWER 为整机电源开关。



4.7.6 识图之三——功放电源电路原理图

功放电源电路原理图如图 4-44 所示。

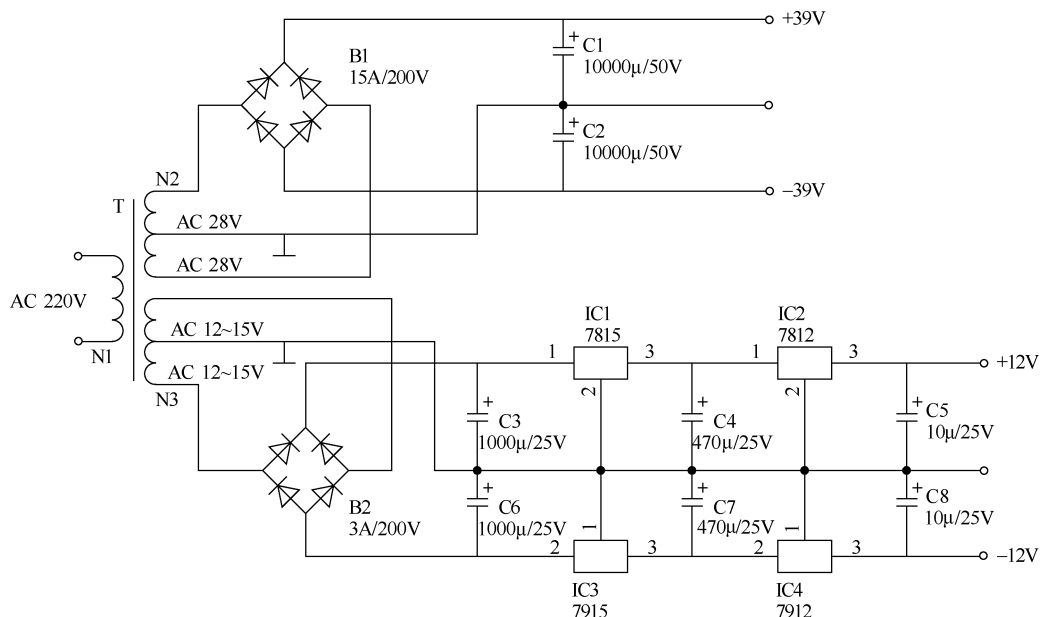


图 4-44 功放电源电路原理图

电源电路由电源变压器 T，整流桥 B1、B2，三端稳压集成电路 IC1 ~ IC4 及滤波电容器 C1 ~ C8 等元器件组成。其中，T 为 300W 环形变压器，二次侧输出为 $28\text{V} \times 2$ 和 $(12 \sim 15\text{V}) \times 2$ 电压。 $28\text{V} \times 2$ 由 B1 桥堆作正、负全波整流，C1、C2 滤波后，输出 $\pm 39\text{V}$ 电压，供功率放大电路使用。另一组 $(12 \sim 15\text{V}) \times 2$ 电压则由 B2 桥堆作正、负全波整流，C3、C6 滤波后，经 IC1、IC3 先作输出 $\pm 15\text{V}$ 的稳压，C4、C7 再次滤波后，再由 IC2、IC4 作 $\pm 12\text{V}$ 的稳压，C5、C8 滤波。再次稳压、三次滤波得到稳定的 $\pm 12\text{V}$ 直流电压，供给扩音机的前置放大和其他小信号电路等使用。

4.7.7 识图之四——照明灯晶闸管调光电路原理图

【工作原理 1】 阻容触发晶闸管调光电路

图 4-45 所示电路是一个利用阻容元件构成触发电路的接触过调光电路。

220V 交流电经 VD1 ~ VD4 桥式整流变成直流脉冲电压，加到晶闸管 VT 的阳极与阴极之间。W、R 与 C2 组成触发电路，直流脉冲电压经 W、R 向电容 C2 充电。当充至一定值时，晶闸管 VT 导通，小灯 HL 通电发光。当加在 VT 阳极与阴极之间的脉冲电压过零时，晶闸管自然关断，电源又经 W、R 向 C2 充电，电路重复上述过程。调节电位器 W，可以改变 C2 的充电速率，所以能改变晶闸管的导通角，从而使流过灯泡电流的有效值发生变化，以达到无级调光的目的。

图中，L 与 C1 组成抗干扰吸收电路，可以防止高次谐波串入电源电路去干扰电视机等家用电器的正常工作。

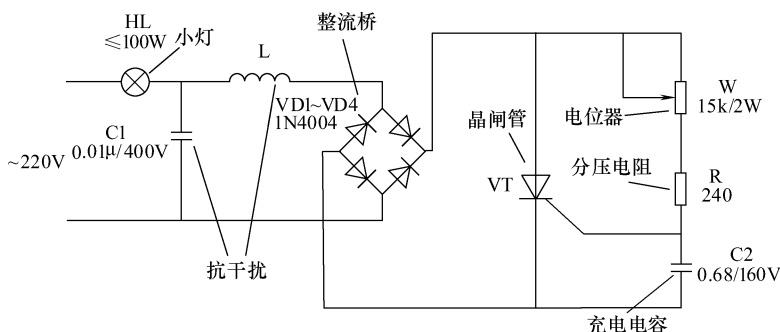


图 4-45 阻容触发晶闸管调光电路原理图

【拓展电路】 其他可调电路

该电路中的负载小灯可以改换成电动机、电热器等负载，就可以实现无级调节。

【解疑答问】 单向晶闸管的工作条件

双向二极管具有两个对称的正、反转折电压，当两端的电压小于正向转折电压时，器件呈高阻状态；当两端的电压大于正向转折电压时，器件呈负电阻特性（电压降低电流反而增加）。因此，可用作双向交流开关，广泛应用于双向晶闸管触发电路、定时器及过电压保护电路等方面。

单向晶闸管导通必须具备两个条件：阳极 A 和阴极 K 之间加上正向电压；控制极 G 和阴极 K 之间必须加上一定大小的正向触发电压。

晶闸管有导通和阻断两种状态。导通后，要使晶闸管阻断：一是将阳极电流减小至小于维持电流；二是将阳极 A 与阴极 K 之间加反向电压。

单向晶闸管一旦受触发导通后，控制极 G 即失去了控制作用，即使控制极 G 电压变为零，只要阳极 A 和阴极 K 之间仍保持正向电压，晶闸管将继续保持导通状态。要使晶闸管阻断，必须使阳极电流降到足够小，或在阳极和阴极间加反向阻断电压。

单向晶闸管一旦为阻断状态，即使阳极 A 和阴极 K 之间又重新加上正向电压，也不会再次导通，只有在控制极 G 与阴极 K 之间重新加上正向触发电压后才可导通。

【工作原理 2】 双向晶闸管调光灯电路

图 4-46 所示电路是一个采用双向触发二极管的双向晶闸管调光灯电路。通电后，电源

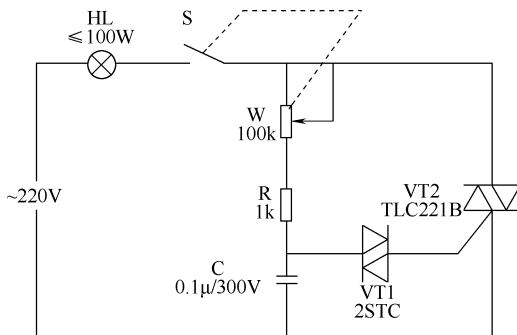


图 4-46 双向晶闸管调光灯电路原理图



『行』

学以致用，
攻坚克难

每个周期通过 W、R 向电容器 C 充电, 当 C 两端电压升至双向触发二极管 VT1 的转折电压 (约 26 ~ 40V) 时, VT1 导通, 电容器 C 便向晶闸管 VT2 的门极放电, 使 VT2 导通。当加在 VT2 两个主电极之间的交流电压过零时, VT2 自行关断, 然后电容器 C 又重新充电, 重复上述过程, 调节 W 可改变灯泡 HL 的亮度。

【解疑答问】

双向晶闸管的主电极 T1、T2 无论加正向电压还是反向电压, 其控制极 G 的触发信号无论是正向还是反向, 它都能被“触发”而导通。由于它具有正、反两个方向都能控制导通的特点, 所以它的输出电压不像单向晶闸管那样是直流, 而是交流形式。

双向晶闸管可以双向导通, 通常情况下, 双向晶闸管的触发方式有四种, 如图 4-47 所示。

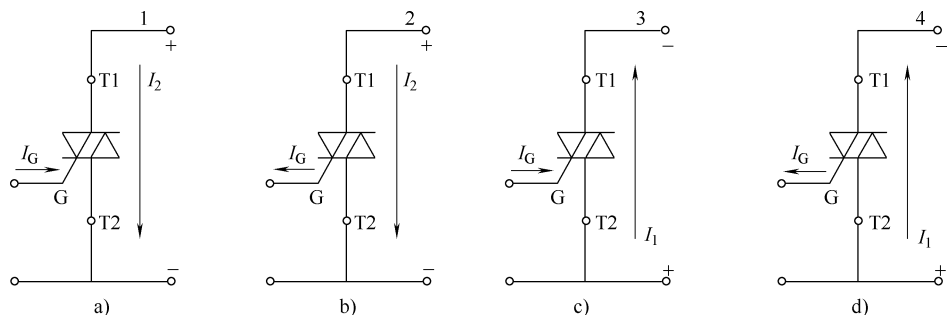


图 4-47 双向晶闸管的触发方式

1) 控制极 G 和主电极 T1 相对于主电极 T2 的电压为正, 如图 4-47a 所示, 即 $U_G > U_{T2}$ 、 $U_{T1} > U_{T2}$ 。双向晶闸管的导通方向为 T1→T2, 此时 T1 为阳极, T2 为阴极。

2) 控制极 G 和主电极 T2 相对于主电极 T1 的电压为负, 如图 4-47b 所示, 即 $U_G < U_{T1}$ 、 $U_{T2} < U_{T1}$ 。双向晶闸管的导通方向为 T1→T2, 此时 T1 为阳极, T2 为阴极。

3) 控制极 G 和主电极 T1 相对于主电极 T2 的电压为负, 如图 4-47c 所示, 即 $U_G < U_{T2}$ 、 $U_{T1} < U_{T2}$ 。双向晶闸管的导通方向为 T2→T1, 此时 T2 为阳极, T1 为阴极。

4) 控制极 G 和主电极 T2 相对于主电极 T1 的电压为正, 如图 4-47d 所示, 即 $U_G > U_{T1}$ 、 $U_{T2} > U_{T1}$ 。双向晶闸管的导通方向为 T2→T1, 此时 T2 为阳极, T1 为阴极。

双向晶闸管一旦导通, 即使失去触发电压, 也能继续维持导通状态。当主电极 T1、T2 之间电流减小至维持电流以下或 T1、T2 之间电压改变极性, 且无触发电压时, 双向晶闸管即可自动断开, 只有重新施加触发电压, 才能再次导通。

双向晶闸管与单向晶闸管相比较, 两者的主要区别如下:

1) 单向晶闸管触发后单向导通, 双向晶闸管则是双向道通。

2) 单向晶闸管触发电压分极性, 双向晶闸管触发电压不分极性, 只要绝对值达到触发门限值即可使双向晶闸管导通。

4.7.8 识图之五——电子式荧光灯电路框图及原理图

【框图】 电子式荧光灯电路框图

电子式荧光灯电路框图如图 4-48 所示, 一般由电源电路、高频自激振荡电路及串联谐



『行』

学以致用，
攻坚克难

振电路或充电泵电路等组成。电源电路主要作用是交流变直流；高频自激振荡电路主要作用是直流变换为高频 20kHz 以上的交流。谐振网络的作用有两点：将高频方波变为正弦波，以减小 EMI 辐射；产生恒流作用以镇定荧光灯的电流。充电泵电路主要是解决由单相整流电容滤波造成的电流落后、电流尖峰波问题。

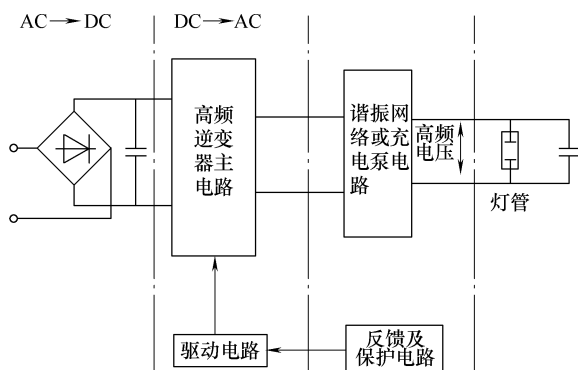


图 4-48 电子式荧光灯电路框图

【工作原理】 电子式荧光灯电路原理

电子式荧光灯电路原理图如图 4-49 所示，其工作原理如下。

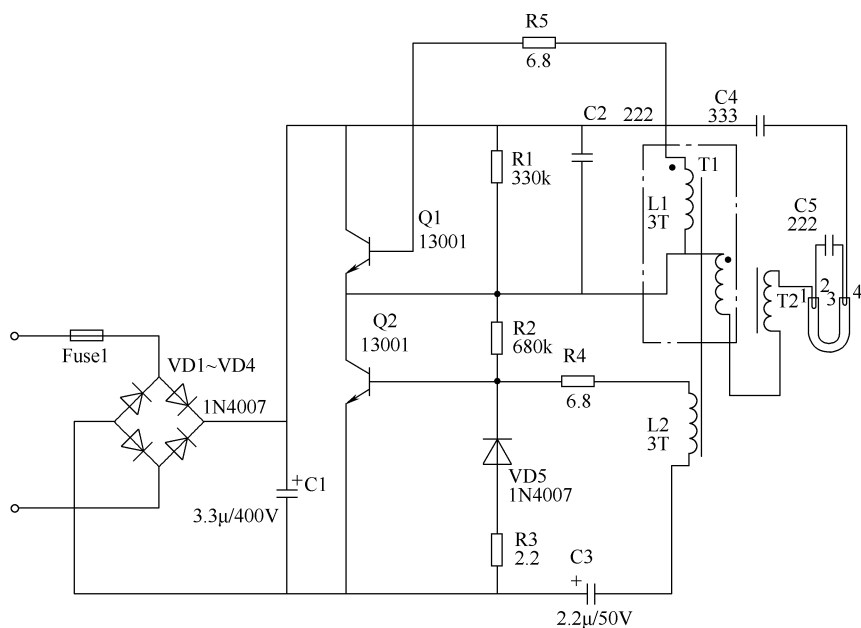


图 4-49 电子式荧光灯电路原理图

220V 市电经 VD1 ~ VD4 全波整流、C1 滤波后，得到 300V 左右的直流电压。

启动电路由 R1、R2 组成。整流后的直流电经过 R1、R2 分压，给晶体管 Q2 基极供电，使 Q2 导通后迅速达到饱和导通状态。

高频自激振荡电路由 Q1、Q2 及 T1 等组成，当 Q2 导通时，高频变压器一次绕组 L2 中

有电流经过,由于互感作用,L1中便感应出一个自感电动势,迫使Q2截止,而绕组L1中感应出上正下负的自感电动势使Q1导通,这时C4、C5被充电。

由于高频变压器的互感作用,又促使Q2导通、Q1截止。这样Q1、Q2在高频变压器控制下周而复始地导通、截止,形成高频振荡,使灯管得到高频高压供电。

灯管启辉后,其内阻急剧下降,该内阻并联于C5两端,使T2、C5串联谐振电路处于失谐状态。故C5两端(即灯管两端)的高启辉电压下降为正常工作电压,维持灯管正常发光。

4.7.9 识图之六——消防应急灯电路原理图

消防应急灯被广泛安装于公共场所的走廊、消防通道内,属于消防专用设备。当市电停电时,消防应急灯自动点亮,来电时自动熄灭。消防应急灯作为一种备用照明设备,在灯具内装有停电时提供电源的蓄电池。

【工作原理】 消防应急灯电路工作原理

以GF066型全自动消防应急灯为例来分析它的工作原理,其电路原理图如图4-50所示。

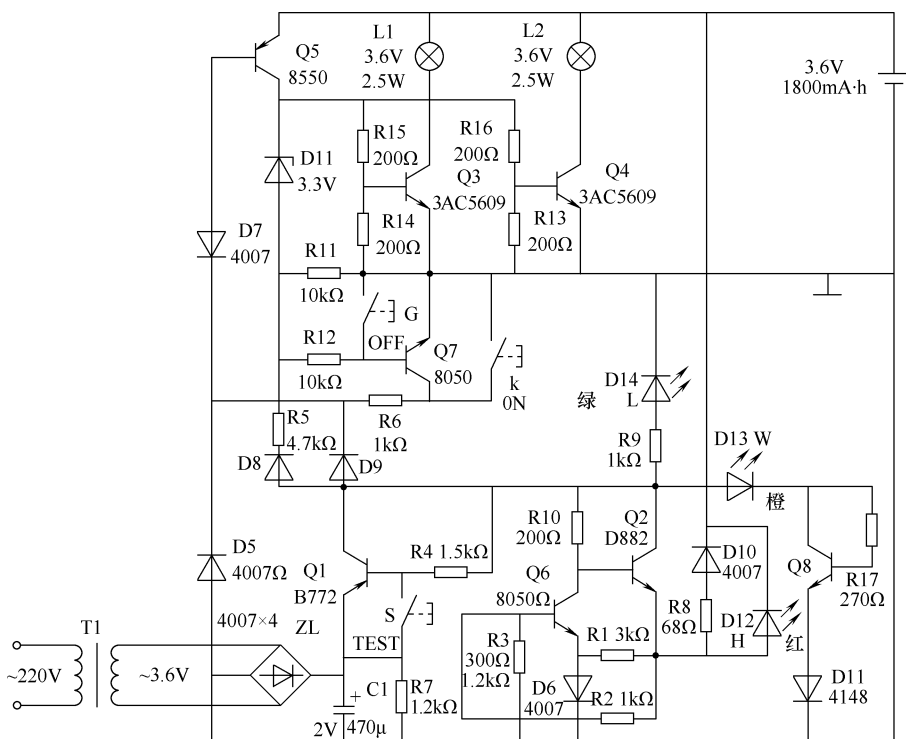


图 4-50 GF066 型全自动消防应急灯电路原理图

该电路主要有电池充电电路、灯控制电路、电源电路和故障指示电路等组成。照明灯泡L1、L2为2.5W/3.6V；充电电池为3.6V/1800mA·h的镍镉电池,在停电时可提供功率为 $2 \times 2.5\text{W}$,照明时间不少于100min。3个按键开关分别为G（OFF关）、K（ON开）、S（TEST）实验。H红色指示灯表示充电,W橙色表示电路故障,L绿色表示外电供电。其



行

学以致用，
攻坚克难

工作原理如表 4-2 所示。

表 4-2 GF066 型全自动消防应急灯工作原理

单元电路	各元器件的主要作用
1. 电源电路	220V 市电经电源变压器 T1 降压为 3.6V，再经桥式整流器 ZL 整流、C1 滤波、晶体管 Q1 集电极输出 4.6V 的直流电压。该电压经限流电阻器 D14 发光指示
2. 灯控制电路	该电路主要由 Q3、Q4、Q5、Q7 和键 K、G 组成，在没有市电时，按下 K 键（开），Q5 饱和导通，其集电极的电流通过 R12 使 Q7 维持导通；D11 反向击穿于稳压状态，Q5 的集电极电压给 Q3、Q4 提供偏置使其导通，于是 L1、L2 点亮。当按下 G 键（关）时，Q7、Q5 截止，灯关闭 当有市电供电时，外电源经 D9 使 D7 反偏而截止，Q5 基极无偏压而截止，键 K、G 都不能控制灯的开与关。停电后二极管 D7 负极电位为零，瞬间使 Q5 导通，使点灯条件得到满足，L1、L2 点亮。来电后，D7、Q5 又截止，灯灭。点灯控制电路中 D7、Q7 通过 R6 工作在临界状态，开关 k、G 只起到触发的作用
3. 充电电路	电池恒流充电电路由 Q2、Q6、R8、D10 等组成。当有外电源供电时，充电电流经 R8、D10 向电池充电，且使充电指示灯（D12）同时点亮
4. 实验电路	实验电路的作用是测试点灯电路是否正常。当按住实验按键 S 不放时，Q1 截止，D7 负极电位变低而正偏导通，使 Q5 导通满足点灯条件，使灯 L1、L2 点亮。松开 S 按键灯随即熄灭
5. 故障显示电路	该电路主要由 Q13、Q8、R17 及 D11 组成。若外电路电源电压过高使 Q8 导通，D13 点亮，指示过压故障

4.8 我来做——电子电路图识图



习题 4

- 4.1 简述电阻串联、并联的最大特点是什么？
- 4.2 常见的滤波元件有哪些？
- 4.3 简述电容器的主要作用有哪些？
- 4.4 指出图 4-51 所示电源电路中各元器件的主要作用。

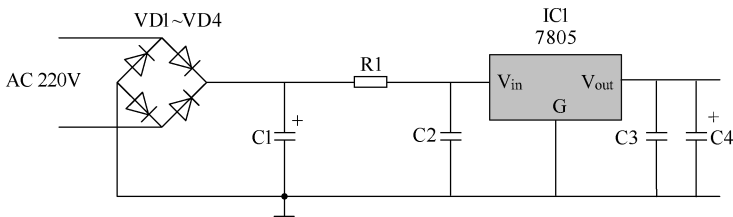


图 4-51 电源电路原理图

- 4.5 简述变压器的主要作用有哪些？
- 4.6 整流电路的形式常有哪几种？它们各用了几只二极管？

4.7 图 4-52 所示的整流电路是否正确？若正确，请标出直流极性。

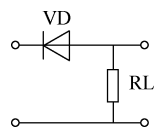
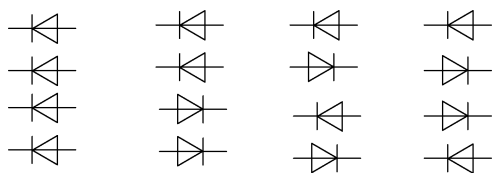


图 4-52 整流电路原理图

4.8 用如下各列二极管连接整流桥。



- 4.9 简述图 4-24b 所示放大电路中的各个元器件的作用。
- 4.10 简述图 4-26 所示放大电路中的各个元器件的作用。
- 4.11 找出图 4-38 所示的耦合电容器、退耦滤波元件、谐振电路元件。
- 4.12 简述图 4-53 所示的电冰箱电源电路的原理。

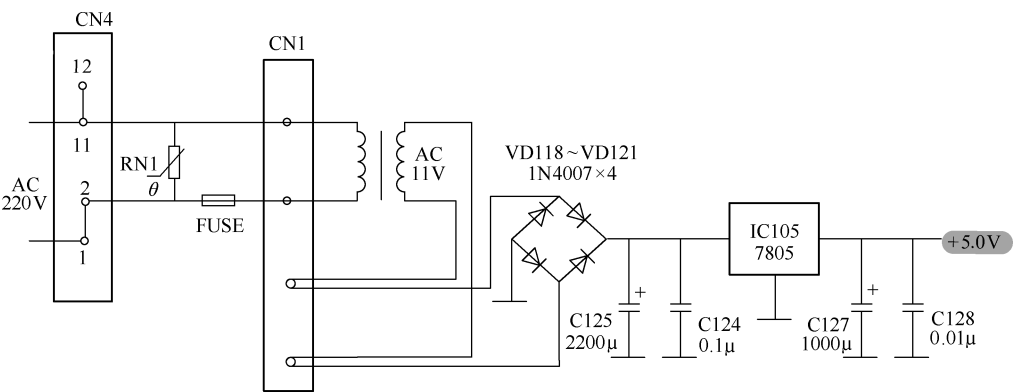


图 4-53 电冰箱电源电路原理图

『行』
——学以致用，攻坚克难

建筑电气工程图识图



5.1 建筑电气施工平面图分类

电气设备安装工程是建筑工程的有机组成部分，建筑物的功能不同，电气设计内容也有所不同。建筑电气施工平面图的分类如表 5-1 所示。

表 5-1 建筑电气施工平面图的分类

序号	分 类	备 注
1	供电总平面图	供电总平面图用于标出建筑物名称及电力、照明容量，确定架空线的导线种类、走向、杆位、路灯等，表示电缆线路敷设方法，标注变、配电所的位置、编号和容量 通过电气总平面图可了解该项工程的概况，掌握电气负载的发布及电源装置等。大型工程有电气总平面图，中小型工程则由动力平面图或照明平面图代替
2	高、低压供电系统图	电气系统图是用单线图表示电能或电信号接回路分配出去的图样，主要表示各个回路的名称、用途、容量及主要电气设备、开关元件及导线电缆的规格型号等。通过电气系统图可以知道该系统的回路个数及主要用电设备的容量、控制方式等。建筑电气工程中系统图用得较多，动力、照明、变配电装置、通信广播，电缆电视、火灾报警、防盗保安、计算机监控、自动化仪表都要用到系统图
3	变、配电所平面图	变、配电所平面图包括变、配电所高低压开关柜、变压器、控制屏等设备的平、剖面排列布置，母线布置及主要电气设备材料明细表等
4	动力平面及系统图	动力平面及系统图主要包括，配电干线、滑触线、接地干线的平面布置；导线型号、规格、敷设方式；配电箱、启动器、开关等的位置；引至用电设备的支线（用箭头示意）。系统图应表示接线方式及注明设备编号、容量、型号、规格及负载（用户）名称
5	照明平面及系统图	照明平面及系统图主要包括，照明干线、配电箱、灯具、开关的平面布置，并注明用户名称和照度；由配电箱引至各个灯具和开关的支线。系统图应注明配电箱、开关、导线的连接方式，以及设备编号、容量、型号、规格及负载名称
6	自动控制图	照明自动控制图主要包括自动控制和自动调节的框图或原理图，控制室平面图（简单自控系统在设计说明书中说明即可），标明控制环节的组成、精度要求、电源选择、控制设备和仪表的型号规格等

(续)

序 号	分 类	备 注
7	电信设备安装平面图	电信设备安装平面图为如电话、闭路电视、公用天线信号等的设备平面图
8	建筑物防雷接地平面图	建筑物防雷接地平面图包括，俯视平面图（对于复杂形状的大型建筑物，还应绘制立面图，注出标高和主要尺寸）；避雷针、避雷带、接地线和接地极平面布置图，材料规格、相对位置尺寸
9	表格	表格主要是指设备材料表等
10	大图样	大图样表示电气安装工程中的局部做法明晰图，一般是用来表示某一具体部位或某一设备的结果或具体安装方法的，通过大图样可以该项工程的复杂程度，如舞台灯光安装大图样、插座安装大图样等。剖面图也是大图样的一种
11	二次接线图（接线图）	二次接线图表示电气仪表、互感器、继电器及其他控制电路的接线图。二次接线图是与控制原理图配套的图样，用来表示设备外部及设备之间的进线。通过接线图可以知道系统控制的接线及控制电缆、控制线的走向及布置 例如，加工非标注配电箱就需要绘制配电系统图和二次接线图。此外，还有电气原理图、设备布置图、安装接线图等 简单的控制系统一般没有接线图
12	家装电气工程图	室内家装项目的施工图是不可缺少的重要技术资料，它是工程技术人员用来表达思想、进行交流的书面语言，也是在施工中分析问题与解决问题的依据

5.2 建筑电气图的识读步骤

阅读建筑电气图，除了应了解建筑电气工程图的特点外，还应该按照一定步骤来阅读，这样才能比较迅速、全面地读懂图样，实现识图的目的。建筑电气图的识读步骤如表 5-2 所示。

表 5-2 建筑电气图的识读步骤

步骤 1	查看建筑电气图的标题栏、图样目录和说明	先查看建筑电气图的标题栏、图样目录和说明，了解该建筑物工程的名称、项目内容、设计日期，了解工程总体概括及设计依据，了解图样中未能表达清楚的各有关事项，如供电电源的来源、电压等级、线路敷设方式、设备安装高度及安装方式等
步骤 2	看建筑电气图的系统图	通过查看系统图可以了解系统的基本组成，主要电气设备、元器件的连接关系及它们的规格、型号、参数等，掌握该项目的基本概况，各分项工程的图样概略情况。看系统图的目的是要对整体系统做到心中有数
步骤 3	看电路图、接线图和平面布置图	通过查看电路图和接线图可以连接各系统中用电设备的电气自动控制原理，为安装和调试设备打下基础。由于电路图一般多是按功能分别绘制的，看图时应依据功能关系阅读。安装和调试设备，还要配合阅读接线图和端子是安装施工、编制工程预算的主要依据图样，要重点熟读。对于施工经验不太丰富的人员，可以照相关的安装大图样一起阅读



『行』

——学以致用，攻坚克难

(续)

步骤 4	看安装详图	安装图是用来详细表示设备安装方法的图样,是用来指导施工和编制工程材料计划的图样。对于初学电气安装的人员更为重要,甚至可以说是不可缺少的
步骤 5	看建筑电气图的设备材料表	设备材料表可以了解该工程所使用的设备、材料的型号、规格和数量,是编制购置主要设备、材料计划的重要依据之一

识图的顺序没有统一的规定,可以根据需要,灵活掌握,并应有所侧重。有时一张图可反复阅读多遍。为更好地利用图样指导施工,识图时,还应配合阅读有关施工及验收规范、质量检验评定标准,以及全国通用电气装置标准图集,以详细了解安装技术要求及具体安装方法等。

【重要提醒】 分析照明工程时要掌握

在看电气照明工程图时,先要了解建筑物的整个结构、楼板、墙面、棚顶材料结构、门窗位置、房间布置等,在分析照明工程时要掌握以下内容:

1) 进线回路编号、进线线制(三相五线、三相四线、单相两线制)、进线方式、导线电缆及穿管的规格型号。

2) 照明配电箱的型号、数量、安装标高、配电箱的电气系统。

3) 照明电气线路的配线方式、敷设位置、线路走向、导线型号、规格及根数。

4) 灯具的类型、功率、安装位置、安装方式及安装高度。

5) 开关的类型、安装位置、离地高度、控制方式。

6) 插座及其他电器的类型、容量、安装位置、安装高度等。

【经验分享】 识图的步骤

在识图的方法上,可采取先粗读、后细读、再精读的步骤。

粗读就是先从头到尾大概浏览一遍,主要了解工程的概况,做到心中有数。此外,主要是阅读电气总平面图、电气系统图、设备材料表和设计说明。

细读就是按照识图程序和要点仔细阅读每一张施工图,有时需反复阅读多遍。为更好地利用图纸指导施工,使之安装质量符合要求,应对以下内容了如指掌:

1) 每台设备和元器件安装位置及要求。

2) 每条管线走向、布置及敷设要求。

3) 所有线缆连接部位及接线要求。

4) 所有控制、调节、信号、报警工作原理及参数。

5) 系统图、平面图及关联图样标注一致,无差错。

6) 系统层次清楚、关联部位或复杂部位清楚。

精读就是对图样中的关键部位及设备、元器件、复杂控制装置的施工图重新仔细阅读,系统掌握中心作业内容和施工图要求,做到胸有成竹、滴水不漏。

5.3 电气照明施工图识图要点

识读电气照明平面图一般按照电源进线→照明配电箱(配电盘)→照明干线→照明设备的顺序进行。读系统图时,要注意并掌握以下内容:

1) 进线回路编号、进线线制、进线方式、导线或电缆的规格型号、敷设方式和部位,



『行』

学以致用,攻坚克难

穿线管的规格型号。

2) 配电箱的规格型号及编号, 各开关或熔断器的规格型号和用电设备的编号、名称及容量。

3) 配电箱、柜、盘有无漏电保护装置, 其规格型号、保护级别及范围。

4) 用电设备若为单相的, 还应注意其分相情况。

阅读照明平面图时, 应注意并掌握以下内容:

1) 灯具、插座、开关的位置、规格型号、数量, 照明配电箱的规格型号、台数、安装位置、安装高度及安装方式, 从配电箱到灯具和插座安装位置的管线规格、走向及导线数和敷设方式等。

2) 电源进户线的位置、方式, 线缆规格型号, 总电源配电箱的规格型号及安装位置, 总配电箱与各分配配电箱的连接形式及线缆规格型号等。

3) 核对系统图与照明平面图的回路编号、用途名称、容量及控制方式是否相同。

4) 建筑物为多层结构时, 上下穿越的线缆敷设方式(管、槽、竖井等)及其规格、型号、根数、走向、连接方式(盒内、箱内式), 上下穿越的线缆敷设位置的对应。

5) 其他特殊照明装置的安装要求及布线要求、控制方式等。

5.4 导线和电气设备的标注方式

5.4.1 导线的标注方式 (见表 5-3)

表 5-3 导线的标注格式

种类	第一种标注格式	第二种标注格式
格式	$a-d(e \times f)-g-h$	$a-d-k-e \times f-g-h$
说明	a——线路编号和功能符号 d——导线型号 e——导线根数 f——导线截面积 g——导线敷设方式符号 h——导线敷设部位符号	a——线路编号和功能符号 d——导线型号 e——导线根数 f——导线截面积 g——导线敷设方式符号 h——导线敷设部位符号 k——电压(V)
示例	1-BLV(2×10)-TC25-WC 表示1号线用直径25mm的电线管(TC), 沿墙暗敷(WC)2根截面积为10mm²的塑料绝缘导线(BLV) BX(3×35+1×25)-SC50-FC 表示用直径50mm的煤气管(SC)敷设3根截面积为35mm²和1根截面积为25mm²的橡皮绝缘铜线(BX), 暗敷在地面内(FC)	0-BV-500-3×6+1×2.5-PC20-WC 表示0号导线用500V的铜芯塑料线(BV), 截面积为6mm²的导线3根, 截面积为2.5mm²的导线1根, 用直径为20mm的硬塑料管(PC), 沿墙暗敷(WC)



5.4.2 电气设备的标注方式

在电气照明平面图中，要标注设备的编号、型号、规格、数量、安装和敷设方式等信息。常用电气设备的标注方式如表 5-4 所示。

表 5-4 常用电气设备的标注方式

类 别	标 注 方 式	说 明	举 例
电力和 照明设备	1. 一般标注法 $a \frac{b}{c}$ 或 $a-b-c$ 2. 标注引入线的规格 $a \frac{b-c}{d(e \times f)-g}$	a ——设备编号 b ——设备型号 c ——设备功率 (kW) d ——导线型号 e ——导线根数 f ——导线截面 (mm ²) g ——导线敷设方式及部位	$2 \frac{Y}{10}$ 表示电动机的编号为第 2, 型号为 Y 系列笼型感应电动机, 额定功率为 10kW
开关及 熔断器	1. 一般标注法 $a \frac{b}{c/i}$ 或 $a-b-c/i$ 2. 标注引入线的规格 $a \frac{b-c/i}{d(e \times f)-g}$	a ——设备编号 b ——设备型号 c ——设备电流 (A) d ——导线型号 e ——导线根数 f ——导线截面 (mm ²) g ——导线敷设方式及部位 i ——整定电流或熔体额定电流 (A)	HK-10/2 表示开启式负荷开关, 串联熔断器, 额定电流为 10A, 2 极 RC-5/3 表示插入式熔断器, 额定电流为 5A, 熔体额定电流为 3A
照明灯具	1. 一般标注法 $a-b \frac{c \times d \times L_f}{e}$ 2. 灯具吸顶安装 $a-b \frac{c \times d \times L_f}{-}$	a ——灯数 b ——型号或编号 c ——每盏照明灯具的灯泡数 d ——灯泡容量 (W) e ——灯泡安装高度 (m) f ——安装方式 L ——光源种类	$3-Y \frac{2 \times 40}{2.5} C$ 表示房间内有 3 盏型号相同的荧光灯 (Y), 每盏灯由 2 只 40W 灯管组成, 安装高度 2.5m, 链吊式 (C) 安装。 $6-J \frac{1 \times 40}{-}$ 表示走廊及楼道有 6 盏水晶罩灯 (J), 每盏灯为 40W, 吸顶安装 (-)
交流电	$m \sim fu$	m ——相数 f ——频率 (Hz) u ——电压 (V)	

5.4.3 绝缘导线的识别标记及标注方法

对绝缘导线作标记的目的, 是为了用以识别电路中的导线和已经从其连接的端子上拆下来的导线。

【需要了解】 绝缘导线的标记、标注
 绝缘导线的标记如图 5-1 所示。



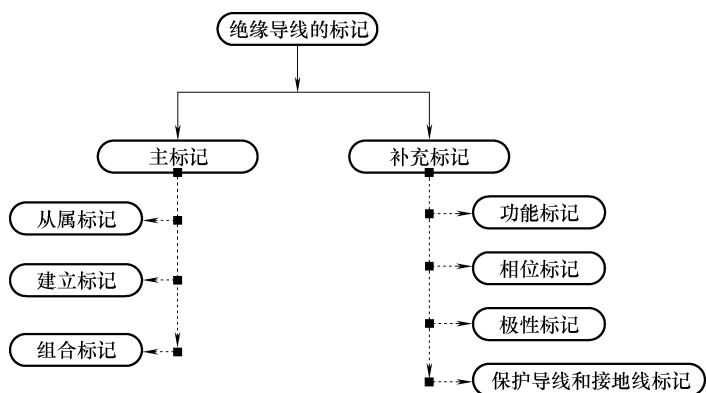


图 5-1 绝缘导线的标记

1. 主标记

只标记导线或线束的特征，而不考虑其他电气功能的标记系统。主标记分从属标记、独立标记和组合标记三种。

(1) 从属标记

以导线所连接的端子的标记或线束所连接的设备的标记为依据的导线或线束的标记系统。从属标记分从属本端标记、从属远端标记和从属两端标记三种。

从属本端标记。导线或线束终端的标记与它所连接的端子或设备部件的标记系统，如图 5-2 所示。

从属远端标记。导线或线束终端的标记与远端所连接的端子或设备的部件相同的标记系统，如图 5-3 所示。

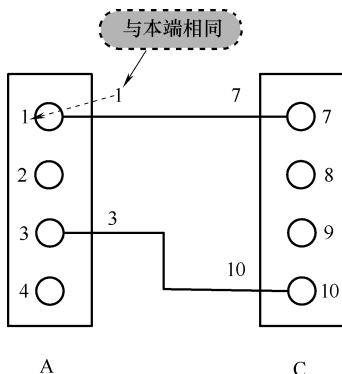


图 5-2 从属本端标记

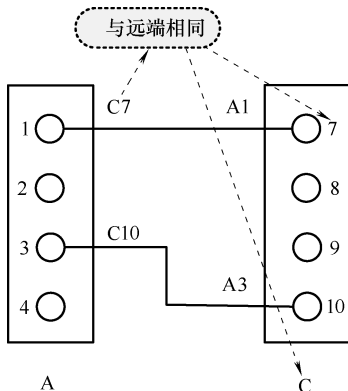


图 5-3 从属远端标记

从属两端标记。对于导线，其每一端都标出与本端连接的端子标记及远端连接的端子标记；而对于线束，其每端的标记不但要标出与本端连接的设备部件，还要标出与远端的设备部件，如图 5-4 所示。

(2) 独立标记

与导线所连接的端子的标记或线束所连接的设备的标记无关的导线或线束的标记系统。



行

学以致用，
攻坚克难

例如，三根导线分别标记 1、2、3，与两端的端子标记无关，此种标记方式只用于连接线方式表示的电气接线图中，如图 5-5 所示。

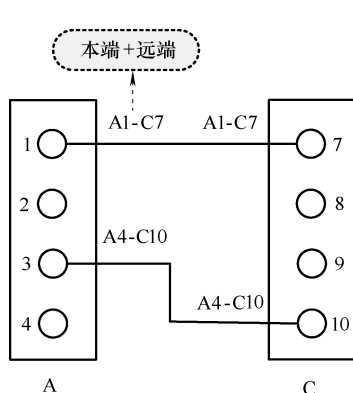


图 5-4 线束从属两端的标记

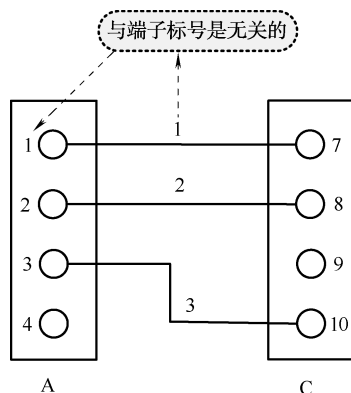
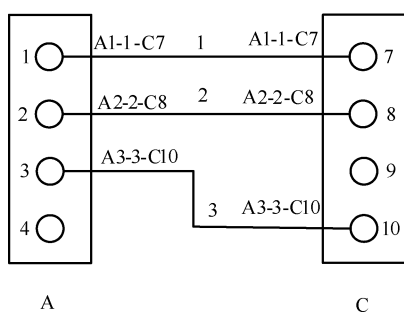


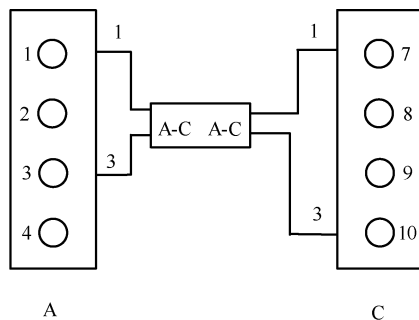
图 5-5 独立标记

(3) 组合标记

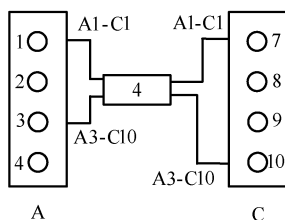
从属标记和独立标记一起使用的标记系统。从属本端标记和独立标记一起使用的组合标记，并允许简化导线上可能需要的中间标记，如图 5-6 所示。



a) 三根导线组合标记



b) 导线独立标记和线束从属两端标记的组合标记



c) 导线从属两端标记和线束独立标记的组合标记

图 5-6 组合标记

2. 补充标记

一般用作主标记的补充，并且以每一导线或线束的电气功能为依据。补充标记通常用字母或特定符号表示，为避免混淆，补充标记和主标记用符号将其分开，如图 5-7 所示。



『行』

学以致用，
攻坚克难

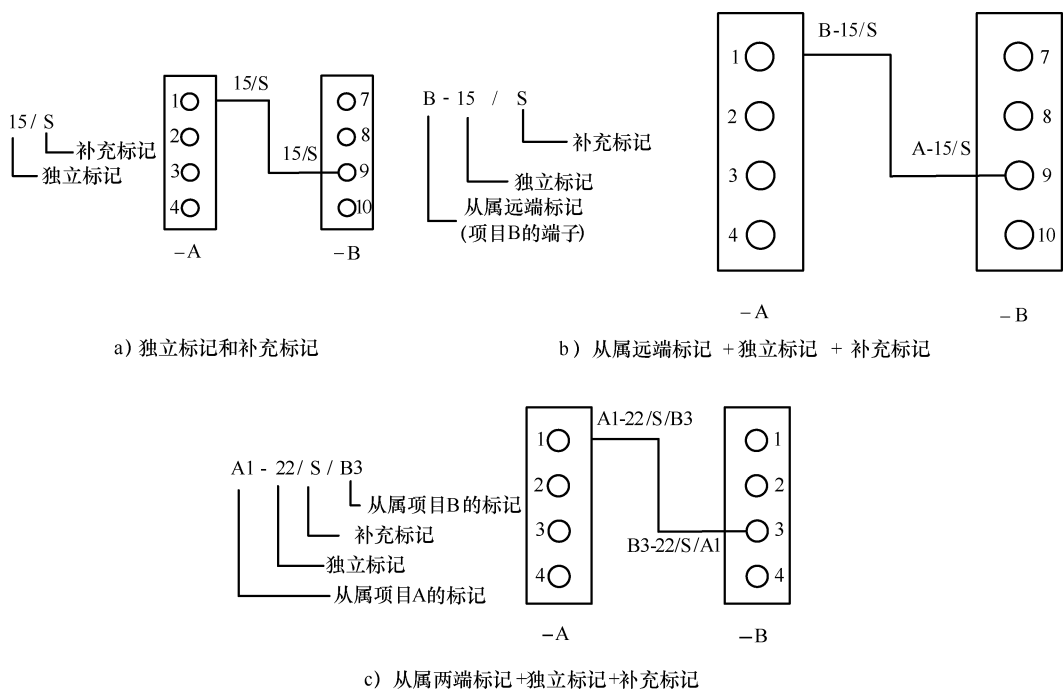


图 5-7 补充标记

5.5 家装电气图识图

5.5.1 照明电路原理图识图

电路原理图简称为电路图，是用图形符号并按工作顺序排列，详细表示动力、设备或成套装置的全部基本组成和连接关系，而不考虑其实际位置的一种简图。电路图主要是用来表现某一电气设备或系统的工作原理的图纸，它是按照各个部分的动作原理图采用分开表示法展开绘制的。通过对电路图的分析，可以清楚地看出整个系统的动作顺序。电路图可以用来指导电气设备和器件的安装、接线、调试、使用与维修。

【实用电路1】 一灯一开关电路原理

一灯一开关电路原理图如图 5-8 所示。

【实用电路2】 多灯一开关电路原理

多灯一开关电路原理图如图 5-9 所示。

【实用电路3】 多个开关控制多只灯

多个开关控制多只灯电路原理图如图 5-10 所示。

【实用电路4】 两地控制一只灯电路

两地控制一只灯电路原理图如图 5-11 所示。

它一般应用在楼梯上下层或走道的两头等两个不同的地方，能各自独立控制同一只灯具的点亮或熄灭。



『行』

——学以致用，攻坚克难

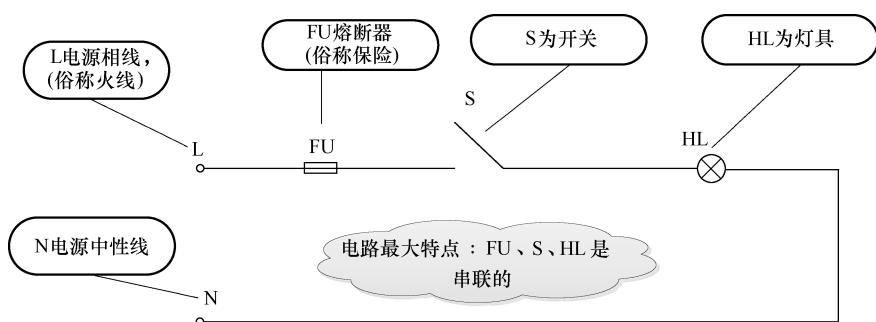


图 5-8 一灯一开关电路

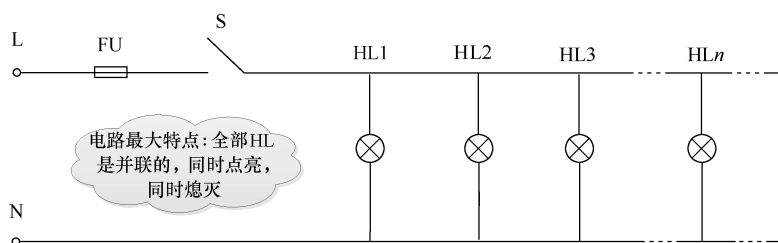


图 5-9 多灯一开关电路

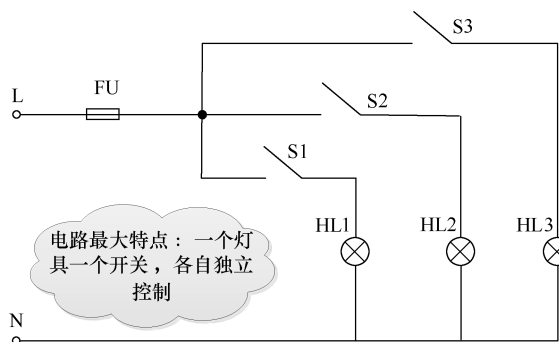


图 5-10 多个开关控制多只灯电路

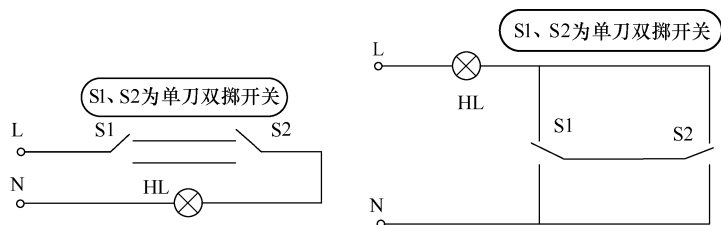


图 5-11 两地控制一只灯电路



『行』

学以致用，攻坚克难

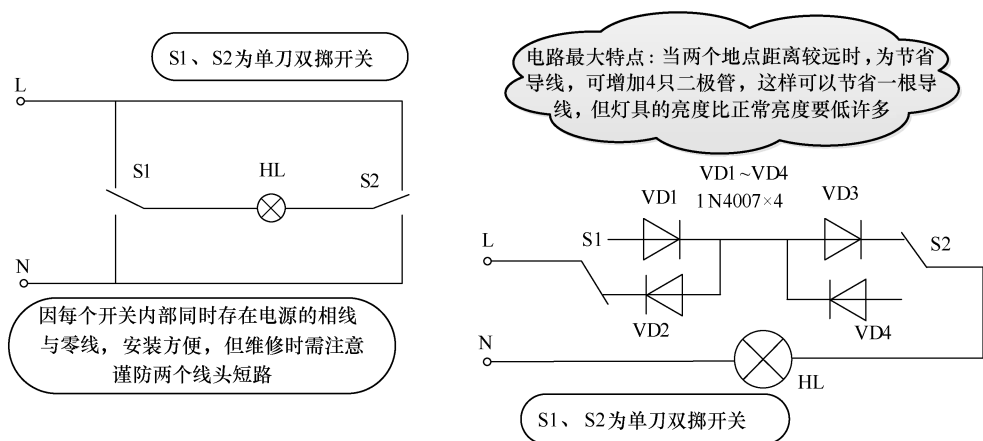


图 5-11 两地控制一只灯电路（续）

【实用电路5】 三地控制一只灯电路

三地控制一只灯电路原理图如图 5-12 所示。

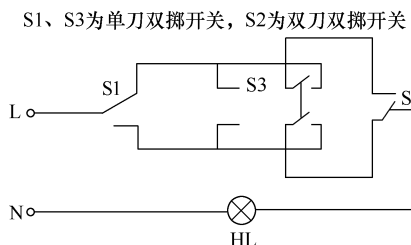


图 5-12 三地控制一只灯电路

S1、S3 为单刀双掷开关，S2 为双刀双掷开关

5.5.2 电气平面图识图

电气平面图是在建筑平面图的基础上，用图形符号和文字符号绘出电气设备、装置、灯具、配电线路、通信线路等的安装位置、敷设方法和部位的图纸，是进行电气安装的主要依据。一般包括动力平面图、照明平面图、综合布线系统平面图、火灾自动报警系统施工平面图等。常用的电气平面图有照明平面图、接地平面图、弱电平面图等。

【需要了解】 布置图、透视图

布置图表现了各种电气设备和器件的平面与空间的位置、安装方式及其相互关系。通常它由平面图、立面图、剖面图及各种构件详图等组成。一般来说，布置图是按三视图绘制的。

由于一般照明平面上的导线都比较多，在图样上不可能一一表示清楚，因此，在读图过程中，可另外画出照明、开关、插座等的实际连接示意图，这种图就称为透视图，也称为斜视图。透视图画起来虽然麻烦一点，但对读图却有很大的帮助。

【技巧点拨】 原理图、平面图（工程图）、透视图

1. 单个开关控制一只灯方式

单个开关控制一只灯原理图、平面图、透视图如图 5-13 所示。



『行』

学以致用，
攻坚克难

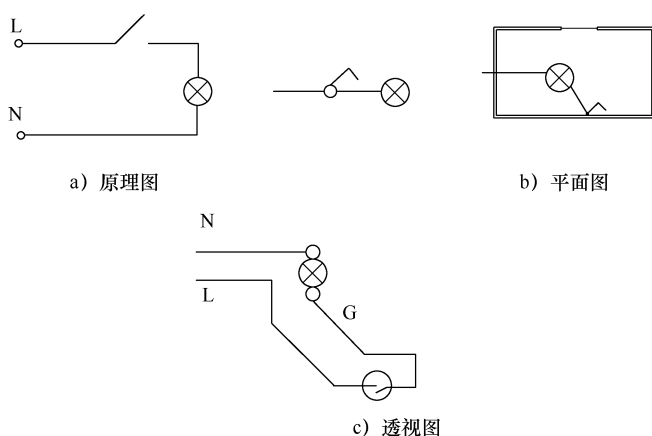


图 5-13 单个开关控制一只灯原理图、平面图、透视图

可以看出，平面图和实际接线图是有区别的。如图所示，电源与灯座的导线和灯座与开关之间的导线都是两根，但其意义却不同。电源与灯座的两根导线，一根为直接灯座的中性线（N），一根为相线（L），中性线直接接灯座，相线必须经开关后再接灯座；而灯座与开关之间的两根导线，一根为相线，一根为控制线（G）。

2. 单个开关控制多只灯方式

单个开关控制多只灯原理图、工程图如图 5-14 所示。

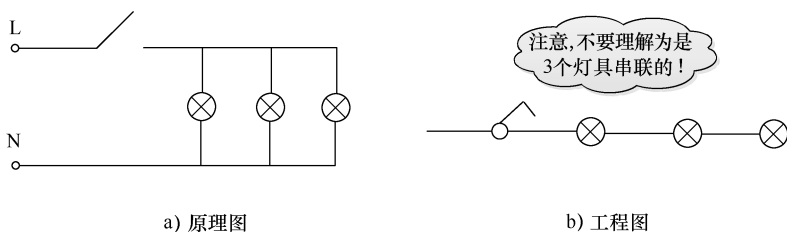


图 5-14 单个开关控制多只灯原理图、工程图

3. 多个开关控制多只灯方式

多个开关控制多只灯原理图、工程图如图 5-15 所示。

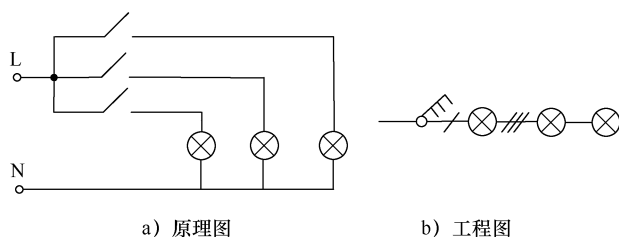


图 5-15 多个开关控制多只灯原理图、工程图



行

学以致用，攻坚克难

4. 两只开关控制三只灯

图 5-16 是两个房间的照明平面图，图中有一个照明配电箱、三只灯、一个双联单控开关和一个单联单控开关，采用管配线。图中大房间的两只灯之间为三根线，中间一只灯与双联单控开关之间为三根线，其余都是两根线，因为线管之间不允许有接头，接头只能放在灯座盒内或开关盒内。

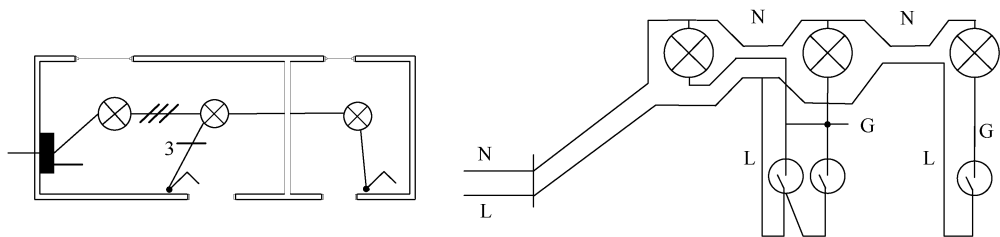


图 5-16 两个房间的照明平面图

【经验分享】 简单照明平面图的识读

为了讲清照明电路在平面图上的表示方法，先以某一间的简单照明为例，如图 5-17 所示。

如图 5-17a 所示，因负载小，只用单相电源供电，用断路器控制和保护照明电路，并装入配电箱。由于配电箱和灯具 HL1 ~ HL3、开关 S1 ~ S3 和插座 XS 等的安装地点不同这在原理图中反映不出来，所以实际接线图如图 5-17b 所示。但是图 5-17b 所示接线图画起来较为麻烦，所以用图 5-17c 来表示某房间的照明线路。图 5-17c 所示能反映照明电路的全部真实情况，电气人员可以照此图进行施工。

从国标图形符号中可查图 5-17c 所示的符号及标注文字的含义：图 5-17c 所示左侧箭头表示进户线的方向，上面标注的“BLV2 × 4SC15FC”表示进户线是“2”根截面积为“4mm²”的“塑料铝线”BLV，穿“钢管”SC 从外部埋“地”“暗”敷设穿墙 FC 进入室内配电箱，钢管管径为“15”mm。同理可知，“BLV3 × 2.5KCC”表示三根塑料铝线，单根截面积为 2.5mm²，用瓷瓶或瓷柱沿顶棚暗敷设。没有标注文字和符号的导线，其数量为两根，其型号及敷设方式等同本房间的其他导线一样。配电箱采用 XMR-7 型号，此型号配电箱的具体尺寸（宽 × 高 × 厚）为 270mm × 290mm × 120mm。因为按规定暗装配电盘底口距地 1.4m，所以图上没有标注安装高度。箱内电气系统图如图 5-17c 所示。灯具上标注的是螺口平盘吊灯；“2 $\frac{60}{2.5}$ CP”表示在本房间“2”盏相同的灯具，每盏上有“60”W 白炽灯灯泡一个，安装高度为“2.5”m，用自在器 CP 吊于室内。

由以上分析可知，只要有了照明平面图，就可以进行施工，不用再画原理图 and 实际接线图。

5.5.3 电气系统图识图

用图形符号概略表示系统或分系统的基本组成、相互关系及其主要特征的一种简图。系统图可以反映不同级别的电气信息，如照明系统图、弱电系统图等。系统图一般应体现配电箱的型号，开关规格、型号及特殊功能，进、出电线的规格，出线的敷设方式等。



『行』

学以致用，
攻坚克难

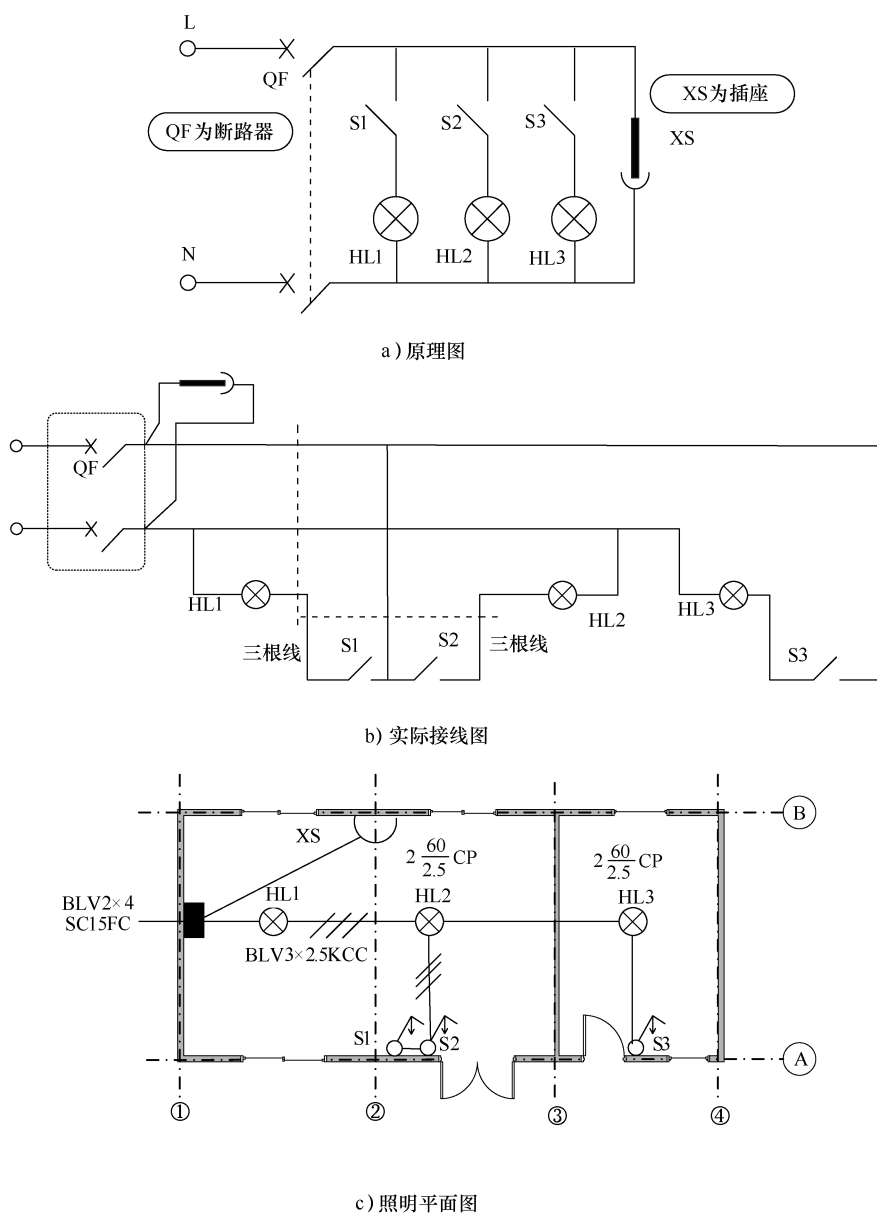


图 5-17 某房间的照明电路

【实用电路 1】 电气系统图示例的识读

电气系统图示例如图 5-18 所示。

电源由配电箱 PL91-C16 引出，该配电箱各路开关采用的开关分别有 PL91-C16、PL91-C20 具有短路过载保护的普通断路器还有 PLD9-20/1N/C/003 带有漏电保护的断路器，保护漏电流为 30mA。箱内分别为 3 根 4mm^2 聚氯乙烯绝缘铜线穿直径 20mm 钢管敷设（BV 3×4 S20）、2 根 2.5mm^2 聚氯乙烯绝缘铜线穿直径 15mm 钢管敷设（BV 2×2.5 S15）以及 2 根 2.5mm^2 阻燃型聚氯乙烯绝缘铜线穿直径 15mm 钢管敷设（ZR-BV 2×2.5 S15）。

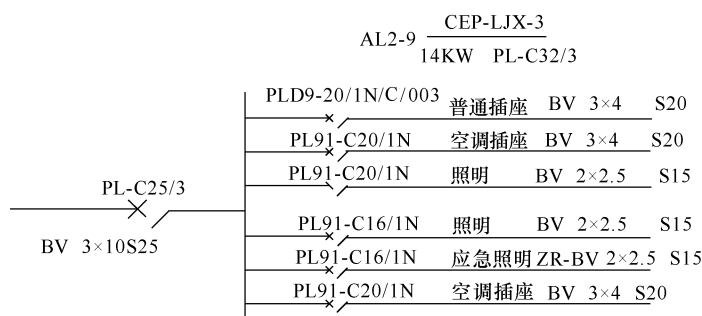


图 5-18 电气系统图示例

【实用电路 2】 某办公楼照明系统图的识读

某办公楼照明系统图如图 5-19 所示。

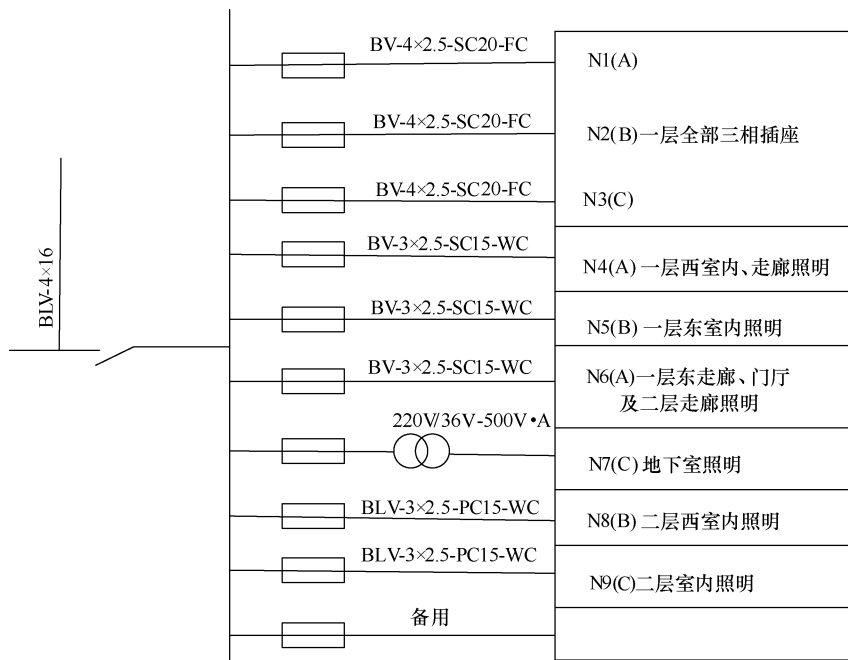


图 5-19 某办公楼照明系统图

该照明工程采用三相四线制供电，进线采用 BLV-4 × 16，进入总照明配电箱。从总配电箱引出 10 条支路，其配电对象分别为，N1、N2、N3 向一层三相插座供电；N4 向一层西室内及走廊照明供电；N5 向一层东室内照明供电；N6 向一层东部走廊、门厅和二层走廊照明供电；N7 引出线接干式变压器 220V/36V-500V · A，将电源变为 36V 后，引至地下室，共地下室照明和楼梯间灯具使用；N8 引至二层，为二层西室室内照明、插座供电；N9 供电与二层东室室内照明、插座使用；另一条支路为备用。

【实用电路 3】 某住宅照明配电系统图的识读

某住宅照明配电系统图如图 5-20 所示。

行
—— 学以致用，攻坚克难

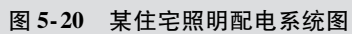


图 5-20 某住宅照明配电系统图

(1) 系统特点

该系统采用三相四线制，架空引入，导线为三根 35mm^2 和一根 25mm^2 的橡皮绝缘铜线 (BX)，引入后穿直径为 50mm 的焊接钢管 (SC) 埋地 (FC)，引入到第一单元的总配电箱。第二单元总配电箱的电源是由第一单元总配电箱经导线穿管埋地引入的，导线为三根 35mm^2 加两根 25mm^2 的塑料绝缘铜线 (BV)， 35mm^2 的导线为相线， 25mm^2 的导线一根为 N 线，一根为 PE 线。穿管均为直径 5mm 的焊接钢管。其他三个单元总配电箱电源的取得与上述相同。

(2) 照明配电箱

照明配电箱分两种，首层采用 XRB03-G1 (A) 型改制，其他层采用 XRB03-G2 (B) 型改制，其主要区别是前者有单元的总计量电能表，并增加了地下室照明和楼梯间照明电路。

XRB03-G1 (A) 型配电箱配备三相总电能表一只，型号 DT862-10 (40) A，额定电流为 10A ，最大负载电流为 40A ；配个总控三极低压断路器，型号为 C45N/3 (40A)，整定电流为 40A 。该箱有三个回路，其中两个配备电能表的回路分别供首层两个住户使用，另一个没有配备电能表的回路供该单元各层楼梯间及地下室公用照明使用。其中供住户使用的回路，配各单相电能表一只，型号为 DD962-5 (20A)，额定电流为 5A ，最大负载电流为 20A ，不设总开关。每个回路又分为三个支路，分别供照明、客厅及卧室操作。厨房及卫生间操作，支路标号为 KL1 ~ WL6。照明支路设双极低压断路器作为控制和保护用，型号为 C45-60/2，整定电流为 6A ；另外两个插座支路均设单极空气漏电开关作为控制和保护，型号为 C45NL-60/1，整定电流为 10A 。公用照明回路分两个支路，分别供地下室和楼梯间照明用，支路标号为 WL7 和 WL8，每个支路均设双极低压断路器作为控制和保护，型号为 C45N-60/2，整定电流为 6A 。从配电箱引自各个支路的导线均采用塑料绝缘铜线穿阻燃塑料管 (PVC)，保护管管径为 15mm 。其中照明支路均为两根 2.5mm^2 的导线 (一个中性线，一根相线)，插座支路均为三根 2.5mm^2 的导线，即相线、N 线、PE 线一根。

XRB03-G2 (B) 型配电箱不设总电能表，只分两个回路，共每层的两个住户使用，每个回路又分三个支路，其他内容与 XRB03-G1 (A) 型改制相同。

该住宅为 6 层，相序分配为 L1 相 1~2 层，L2 相 3~4 层，L3 相 5~6 层，因此由一层到六层垂直管路的导线是这样分配的：进户四线制，三根相线 (L1、L2、L3)，一根 N 相；1~2 层管内五根线，三根相线 (L1、L2、L3)，一根 N 线，一根 PE 线；2~3 层管内四根线，两根相线 (L2、L3)，一根 N 线，一根 PE 线；3~4 层管内四根线，两根相线 (L2、L3)，一根 N 线，一根 PE 线；4~5 层管内三根线，一根相线 (L3)，一根 N 线，一根 PE 线；5~6 层管内三根线，两根相线 (L3)，一根 N 线，一根 PE 线。

【实用电路 4】某住宅楼照明供电系统图的识读

某住宅楼照明供电系统图如图 5-21 所示。

该住宅楼共有 3 个单元，每个单元均为一梯三户，现分析 1 单元。

本住宅楼采用三相四线制供电 $380/220\text{V}$ 电源，由一层进户，进户标高为 2.95m ；进线导线采用橡皮绝缘铜线 (BX-500-4×16+1×10-SC40)，穿钢管暗敷，计算电流 42A ；进线总开关采用 HK1-60/3-50A 型 (熔体电流为 50A)。

各单元采用树干式配电，各单元分支干线采用塑料绝缘铜线 BV-500-3×6-PC20，穿塑



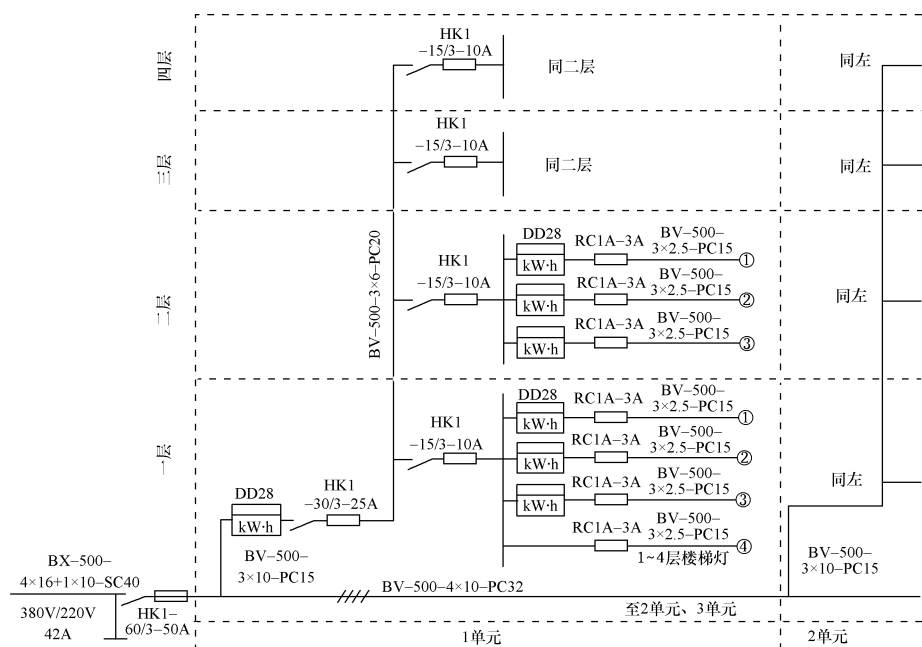


图 5-21 某住宅楼照明供电系统图

料管暗敷设。每单元集中计量采用 DD28 单相电度表，单元总开关采用 HK1-30/3-25A（熔体电流为 25A）。

各单元每层（三户）设一个配电箱，进线开关采用 HK1-15/3-10A（熔体电流为 10A），每户分开计量，分别安装 DD28 单相电度表一个，每户采用 RC1A-3A 磁插式熔断器（熔体电流为 3A）。1~4 层楼梯灯从单元一层配电箱引出，装磁插式熔断器，熔体电流为 3A。

每户室内导线均选用塑料绝缘铜线（BV-500-3×2.5-PC15），穿塑料管暗敷设。

电源引入个单元的分支干线采用反射式接线，引至 2 单元、3 单元的干线均采用铜芯塑料绝缘导线（BV-500-4×10-PC32，引入个单元的分支线与一单元相同，均采用 BV-500-3×6-PC20）。

5.5.4 照明接线的表示方法

在电气照明平面图中，照明接线主要有直接接线法和共头接线法两种方式。

直接接线法是用导线从线路上直接引线连接，导线中间允许有接头的接线方法。如图 5-22 所示，灯 E1 的相线引自开关 S1，而中性线则是在总中性线 N 上接出，这样，在总中性线有接点。图 5-22b 所示细虚线在图 5-22a 所示平面布置图上应示出 3 根导线。直接接线法虽然能够节省导线，但不便于检测维修，使用并不很广。图中，S1、S2、S3 分别控制灯 E1、E2、E3。

图 5-22c 所示是直接接线法的配线图，用了 9 根配线管，3 个接线盒。

共头接线法是导线只能通过设备的接线端子引线，导线中间不允许有接头的接线方法。如图 5-23 所示，灯 E1 的相线引自开关 S1，而中性线直接引自总中性线 N；灯 E2 的相线引自开关 S2，中性线引自 E1。这样，总中性线只能通过灯的接线端子接线，在其中间没有任



行

学以致用，
攻坚克难

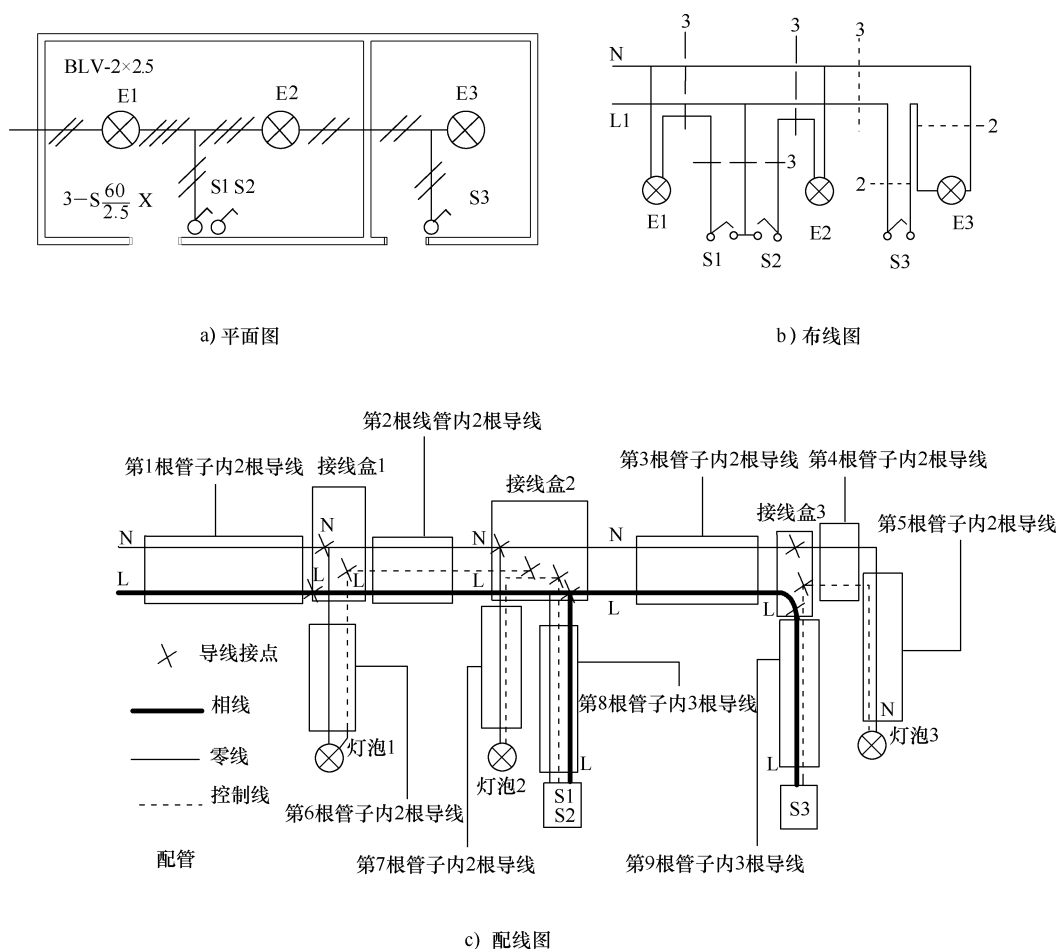


图 5-22 直接接线法

何接头。图 5-23b 所示细虚线在图 5-23a 所示平面布置图，此处应出的导线根数。采用共头接线法导线用量较大。但由于其可靠性比直接接线法高，且检修方便，因此被广泛采用。

图 5-23c 所示是共头接线法的配线图之一，用了 5 根配线管，没有接头接线盒。

如图 5-22、图 5-23 所示，家装电工实际需要的是配线图，但一般是没有配线图的。也就是说，一定要熟练掌握平面图，配线图是脑子从平面图中“勾画”出来的。当然了，现实中的布线图也比较少，从布线图也可“想出”配管图的。

5.5.5 标准层插座平面图的识读

标准层插座平面图如图 5-24 所示，是一梯四户，其中南、北各两户的平面图是一样的。以北西户为例，其插座平面图信号流程如下：

Ala→W3→厨房 3 个（其中有一个抽油烟机专用的）；

Ala→W2→餐厅 1 个→客厅 2 个→阳台 1 个（洗衣机专用）→主卧室 3 个→书房 2 个→卧室 2 个；

Ala→W4→客厅 1 个（空调器专用）→主卧室 1 个。



『行』

学以致用，
攻坚克难

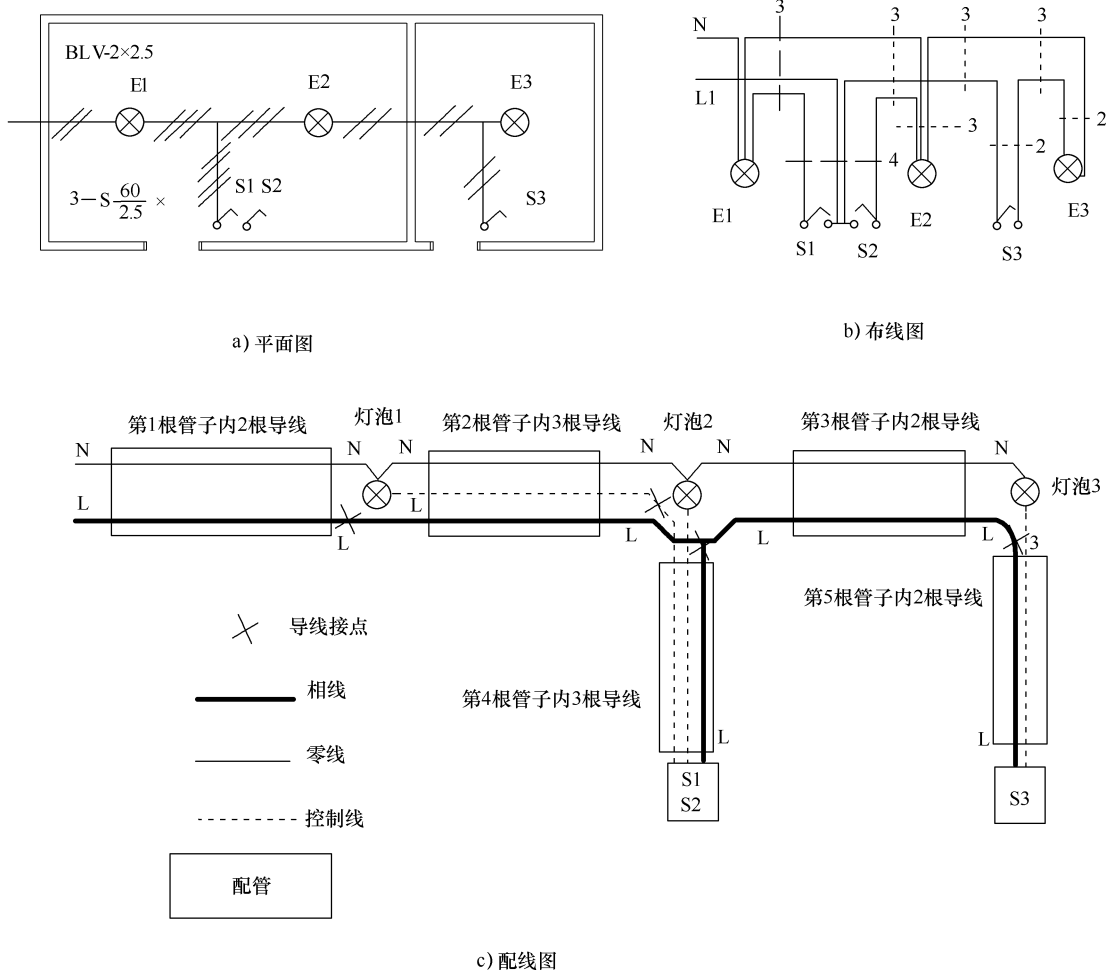


图 5-23 共头接线法

以南西户为例，其插座平面图信号流程如下：

ALa→W2→餐厅 1 个→客厅 2 个→次卧室 3 个→主卧室 3 个→书房 2 个
→阳台 1 个（洗衣机专用）；

ALa→W3→厨房 2 个（其中 1 个是抽烟机专用）→主卫生间 1 个（热水器专用）；

ALa→W4（空调器专用）→客厅 1 个→次卧室 1 个→主卧室 1 个。

5.5.6 标准层照明平面图识图

标准层照明平面图如图 5-25 所示，是一梯四户，其中南、北各两户的平面图是一样的。

以北西户为例，其照明平面图信号流程如下：

ALa→过道 3 灯、2 开关→餐厅 1 灯、1 开关→

→客厅 1 灯 1 开关→阳台 1 灯 1 开关

→厨房 1 灯 1 开关→次卧室 1 灯 1 开关→书房、过道 2 灯 2 开关→主卧室 1 灯 1 开关

以南西户为例，其照明平面图信号流程如下：

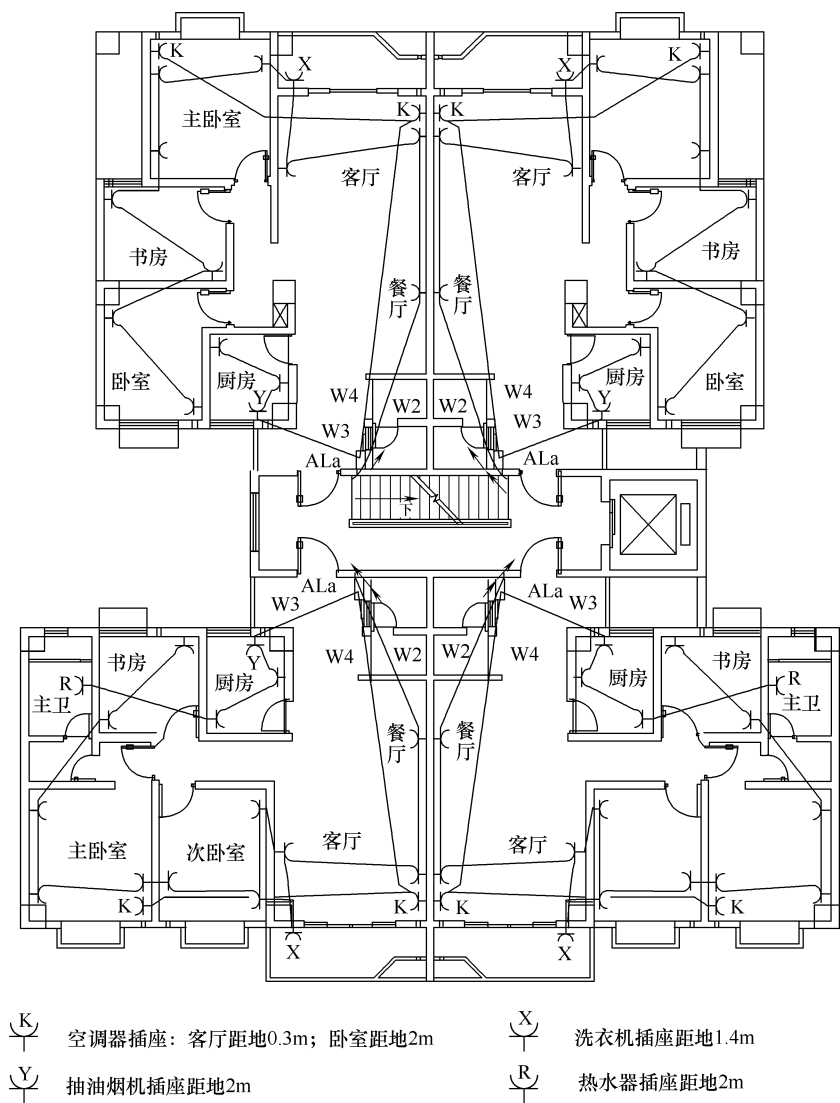


图 5-24 标准层插座平面图

ALa→过道 3 灯 2 开关→餐厅 1 灯 2 开关→

客厅 1 灯 1 开关→{ 阳台 1 灯 1 开关
次卧室 1 灯 1 开关→主卧室 1 灯 1 开关→过道 1 灯 1 开关
厨房、过道 2 灯 2 开关→书房 1 灯 1 开关→主卫生间 1 灯 1 开关

5.5.7 办公实验楼插座、照明工程图识图

某办公实验楼一层和二层插座、照明工程图如图 5-26、图 5-27 所示。

【需要了解】 识读前须知

1) 电源为三相四线 380V/220V，进户导线采用 BLV-500×16mm²，自室外架空线路引入，室外埋设接地极引出接地线作为 PE 线随电源引入室内。



『行』

——学以致用，攻坚克难

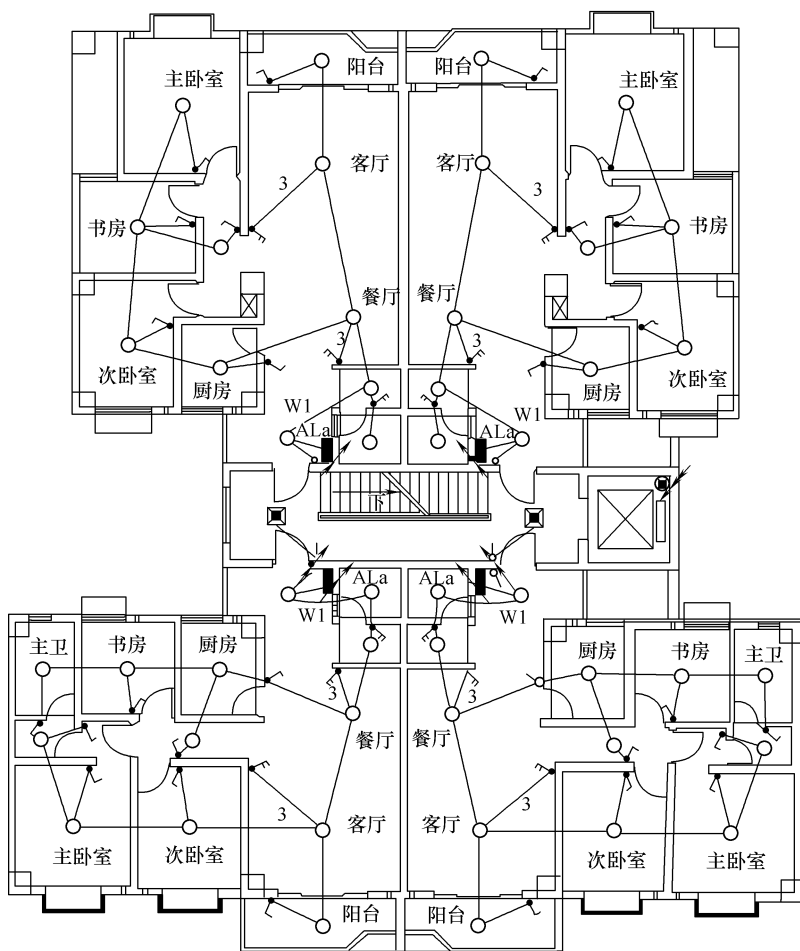


图 5-25 标准层照明平面图

2) 化学实验、危险品仓库接爆炸性气体环境分区为 2 号, 导线采用 $BV-500-2.5\text{mm}^2$ 。

3) 一层配线, 三相插座电源导线采用 $BV-500-4 \times 2.5\text{mm}^2$, 穿直径为 20mm^2 普通水煤气管暗敷设; 化学实验室和危险品仓库为普通水煤气管明敷设; 其余房间为 PVC 硬质塑料管暗敷设。导线采用 $BV-500-2.5\text{mm}^2$ 。

二层配线, 为 PVC 硬质塑料管暗敷, 导线用 $BV-500-2.5\text{mm}^2$ 。

楼梯配线, 为 PVC 硬质塑料管暗敷设, 导线用 $BV-500-2.5\text{mm}^2$ 。

4) 灯具代号说明: G——隔爆灯; J——半圆球吸顶灯; H——花灯; F——防水防尘灯; B——壁灯; Y——荧光灯。

【配电系统】进户线及配线系统识读

从一层照明平面图和该工程进户点处于轴线③和轴线交叉◎处, 进户线采用 4 根 16mm^2 铝芯聚氯乙烯绝缘导线穿钢管自室外低压架空线路引至室内照明配电箱 (XM (R)-7-12/1)。室外埋设垂直接地体 3 根, 用扁钢连接引出接地线作为 PE 线电源相入室内照明配电箱。

查设备手册可知, 该配电箱设有进线总开关, 可引出 12 条单相回路, 但该照明工程只



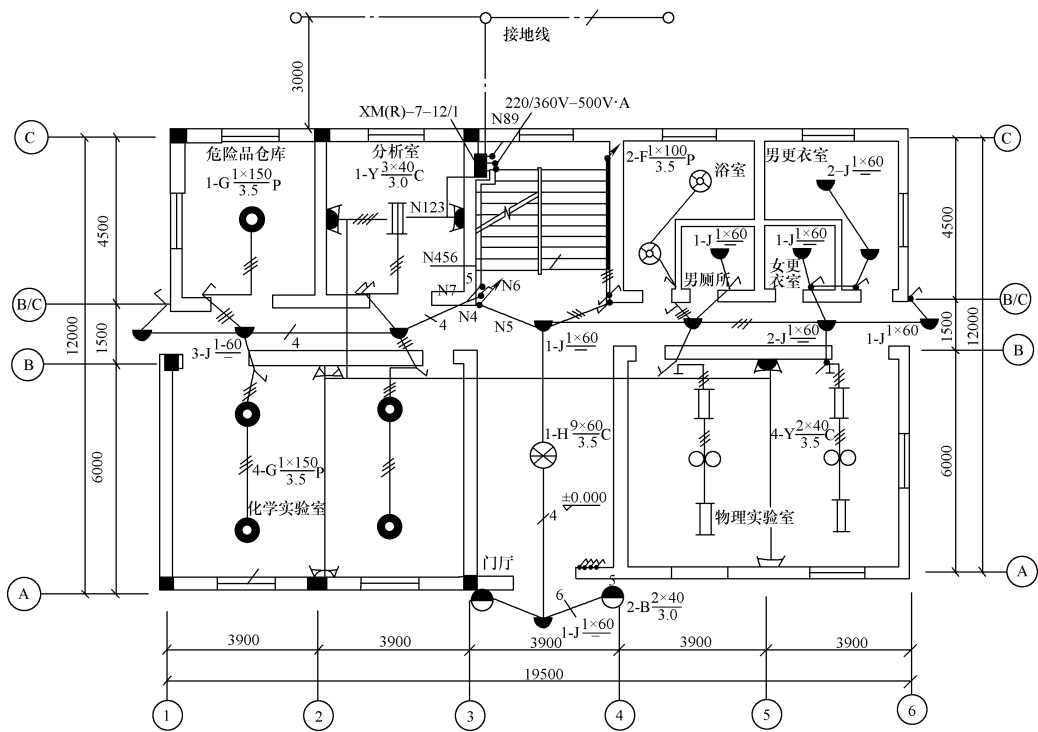


图 5-26 某办公实验楼一层插座、照明工程图

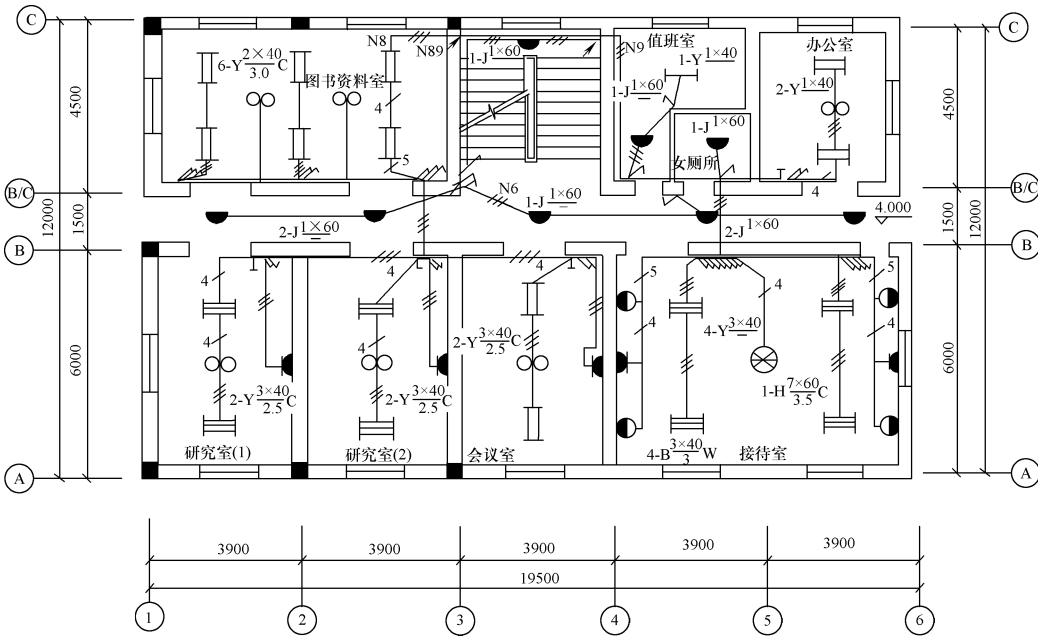


图 5-27 某办公实验楼二层插座、照明工程图

行
——学以致用，攻坚克难

使用了9路（N1~N9），其照明配电系统图如图 5-28 所示。

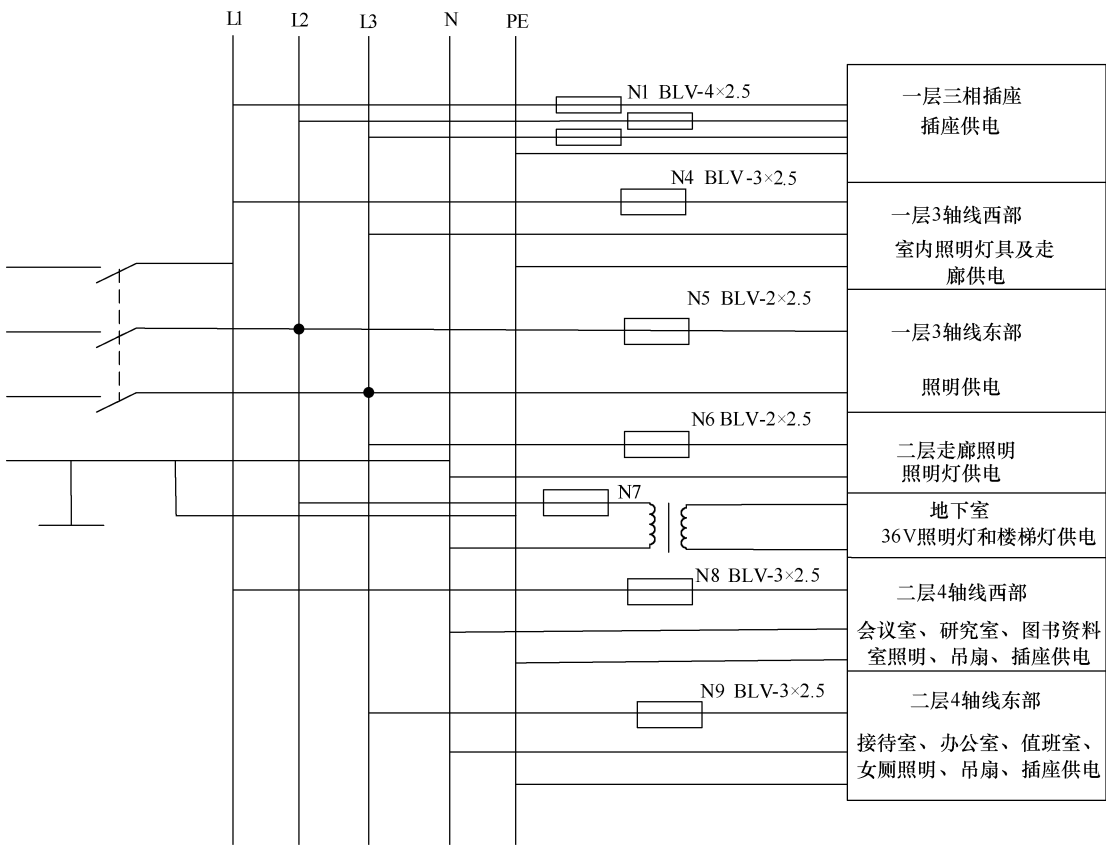


图 5-28 照明配电系统图

【用电设备】 各用电设备的清单（见表 5-5）

表 5-5 各用电设备的清单

楼层	科 室	照 明	开 关	插 座	其他
1	物理实验室	4 只双管荧光灯，每个灯管功率为 40W，链吊安装，安装高度为 3.5m	4 只灯用 2 只暗装单极开关	2 只暗装三相插座	2 台吊扇
	化学实验室	4 只防爆灯，灯泡采用 150W 白炽灯，管吊安装，高度为 3.5m	4 只灯用 2 只防爆式单极开关	2 只密封防爆三相插座	
	危险品仓库	1 只隔爆灯，功率为 150W，管吊式安装，高度为 3.5m	1 只灯用防爆单极开关		
	分析室	1 只三管荧光灯，灯管功率为 40W，链吊安装，安装高度为 3m	1 只灯用 2 只暗装单极开关	暗装三相插座 2 个	
	浴室	2 只防水防尘灯，灯泡为 100W 白炽灯，管吊安装，高度为 3.5m	2 只灯用 1 只单极开关		

(续)

楼 层	科 室	照 明	开 关	插 座	其 他
1	男厕所、男女更衣室、走廊及东西出口门外	半圆球吸顶灯			
	一层门厅	有 1 盏花灯，装有 9 只 60W 白炽灯，链吊式安装，高度为 3.5m	在大门右侧，有 4 个单极开关		
	进门雨棚下	1 只半圆球吸顶灯，灯泡为 60W，吸顶安装			
	大门两侧	2 只壁灯，各内装 2 只 40W 白炽灯，高度为 3m			
2	接待室	花灯 1 只，内装 7 只 60W 白炽灯，链吊安装，高度为 3.5m；3 管荧光灯 4 只，灯管为 40W，吸顶安装；壁灯 4 只，每只装有 40W 白炽灯 3 只，高度为 3m	9 只灯有 11 只单极开关控制	单相带接地插座 2 只，暗装	
	会议室	2 只双管荧光灯，灯管为 40W，链吊式安装，高度为 2.5m	2 只双管荧光灯由 2 只单极开关控制	带接地插孔的单相插座 1 只	吊扇 1 台
	研究室 1、2	分别有 3 管荧光灯 3 只，灯管为 40W，链吊式安装，高度为 2.5m	均用 2 只单极开关	单相带接地插座 1 只	吊扇 1 台
	图书资料室	双管荧光灯 6 盏，灯管功率为 40W，链吊式安装，高度为 3m	6 盏荧光灯用 6 只单极开关		吊扇 2 台
	办公室	双管荧光灯 2 盏，灯管为 40W，吸顶安装	2 只单极开关		吊扇 1 台
	值班室	1 只单管荧光灯，功率为 40W，吸顶安装；1 盏半圆球吸顶灯，内装 1 只 60W 白炽灯	2 盏灯用 1 只单极开关		
	女厕、走廊、楼梯	半圆球吸顶灯，共 7 盏，每盏内装一只 60W 白炽灯	楼梯灯采用 2 只双控开关		

【解疑答问 1】 N1、N2、N3 支路信号流程

N1、N2、N3 支路信号流程如图 5-29 所示。

N1、N2、N3 支路组成一条三相回路，在加上一条 PE 线，共有 4 条线，供给一层的 4 个插座。导线在插座盒内作共头连接，用了 6 个线管，分别是 1~6#线管。

【解疑答问 2】 N4 支路信号流程

N4 支路信号流程如图 5-30 所示。



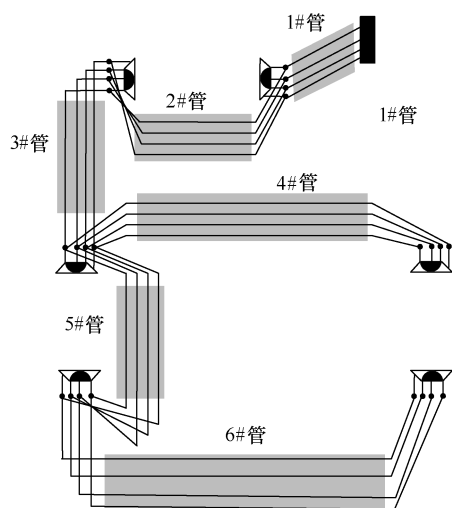


图 5-29 N1、N2、N3 支路信号流程

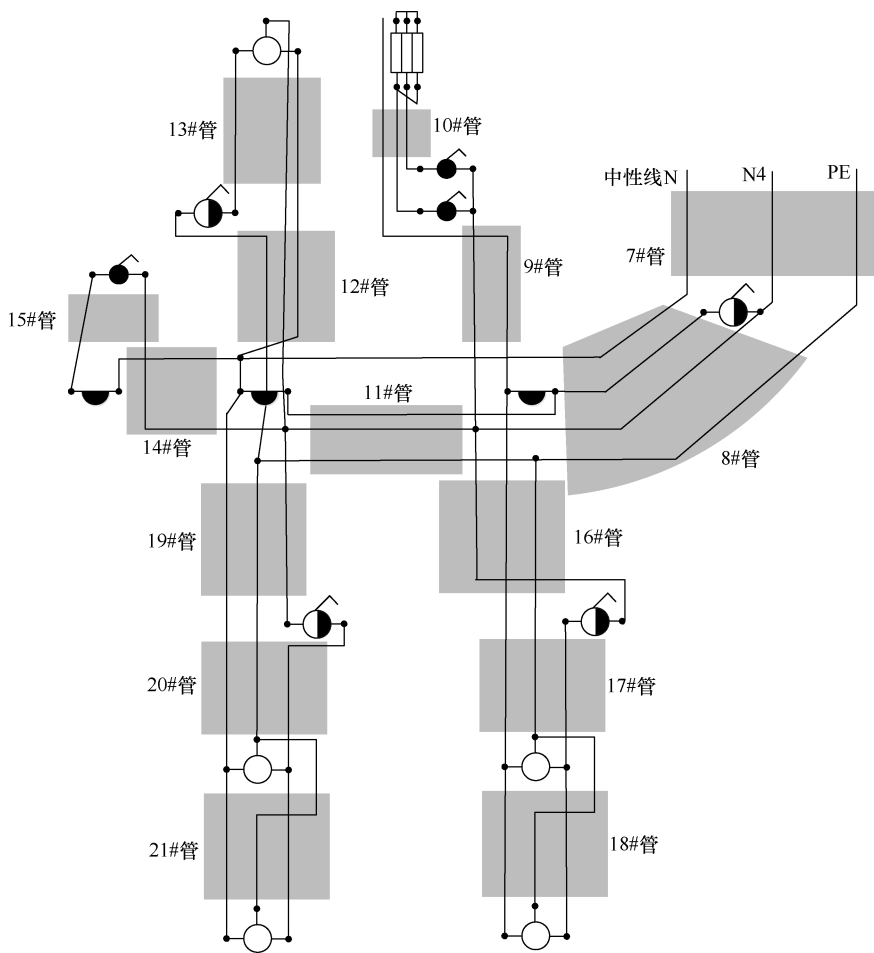


图 5-30 N4 支路信号流程



『行』

——学以致用，攻坚克难

导线在插座盒或灯头盒内作共头连接，用了15个线管，分别是7~21#线管。N4支路信号流程如下：

N4→1只暗装单极开关（控制走廊两盏半圆吸顶灯）→西部走廊第一盏吸顶灯灯头内→
分析室两联开关（1只开关控制1只灯，一只开关控制2只灯）→荧光灯
化学实验室防爆开关→2只防爆灯
走廊内第二盏吸顶灯→
西头门灯
危险品仓库
化学实验室防爆开关

【解疑答问3】 N5支路信号流程

N5支路信号流程如图5-31所示。

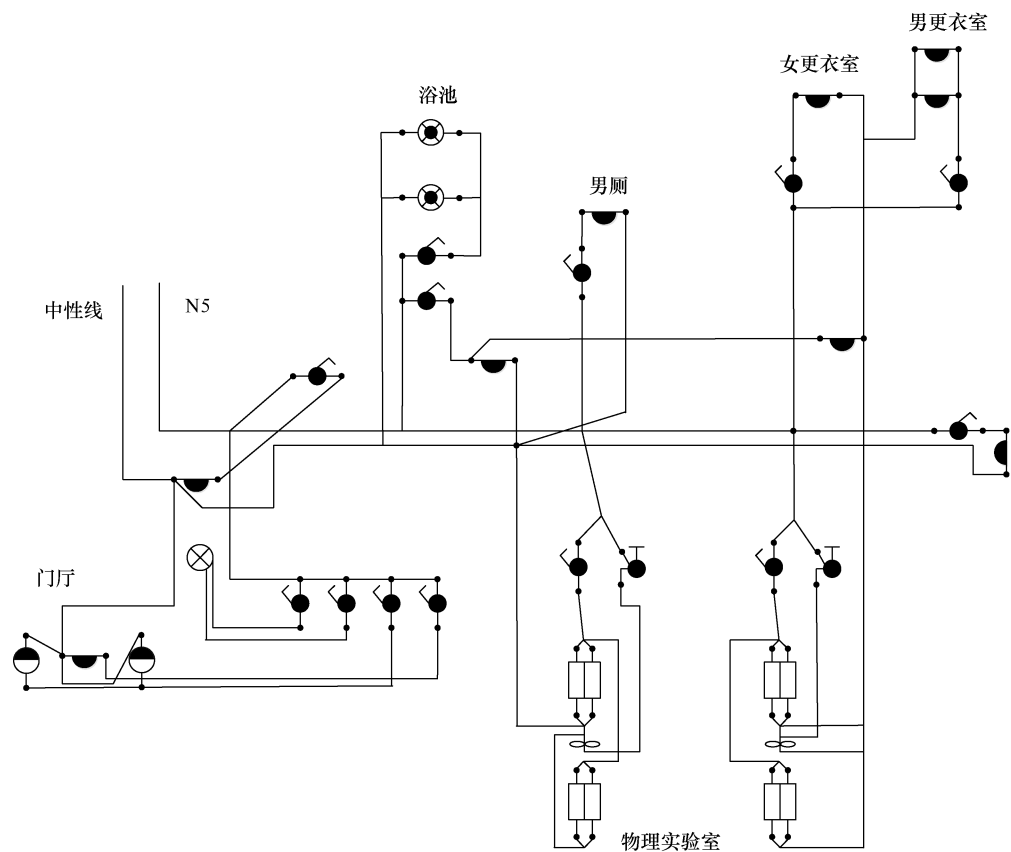


图 5-31 N5 支路信号流程

N5支路信号流程如下：

N5→开关盒→一层走廊吸顶灯→
→楼梯口开关
→门厅
→男厕所吸顶灯→物理实验室、浴室→更衣室→
物理实验室、更衣室、门灯

行
——学以致用，攻坚克难

【解疑答问 4】 N6 支路信号流程

N6 支路信号流程：N6 相线在轴线③与 B/C 轴线交叉处的开关盒内带一根零线垂直引向二楼相对应位置的开关盒，共二楼走廊 5 盏半圆球吸顶灯。

【解疑答问 5】 N7 支路信号流程

N7 支路信号流程：N7 相线和零线从配电箱引出经 220V/36V-500V · A 的干式变压器，将 220V 电压回路变成 36V 电压回路，该回路轴线③向南引至轴线③和 B/C 轴线交叉处转向下进入地下室。

【解疑答问 6】 N8 支路信号流程

N8 支路信号流程如图 5-32 所示。N8 相线和零线，再加一根 PE 线，共 3 根，穿 PVC 管由配电箱旁引向二层，并穿墙进入两边图书资料室，向轴线④西部间供电。

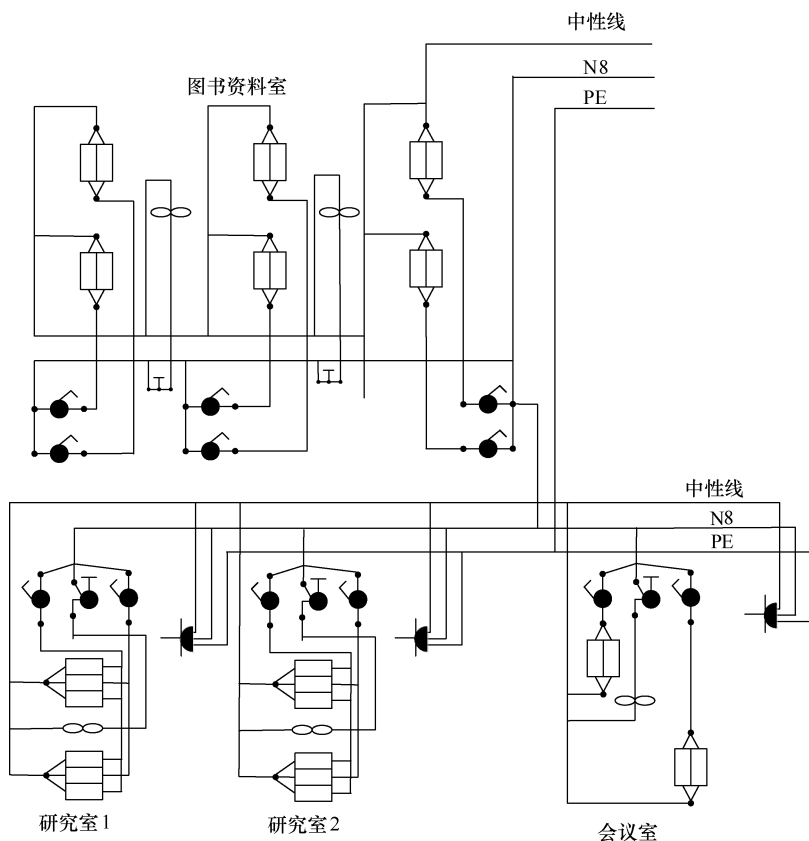


图 5-32 N8 支路信号流程

【解疑答问 7】 N9 支路信号流程

N9 支路信号流程如图 5-33 所示。

N9 相线、零线和 PE 线共三根同 N8 支路三根线一样引入二层沿轴线④ 向东引至值班室门左侧开关盒，然后再上至办公室、接待室。



『行』

学以致用，攻坚克难

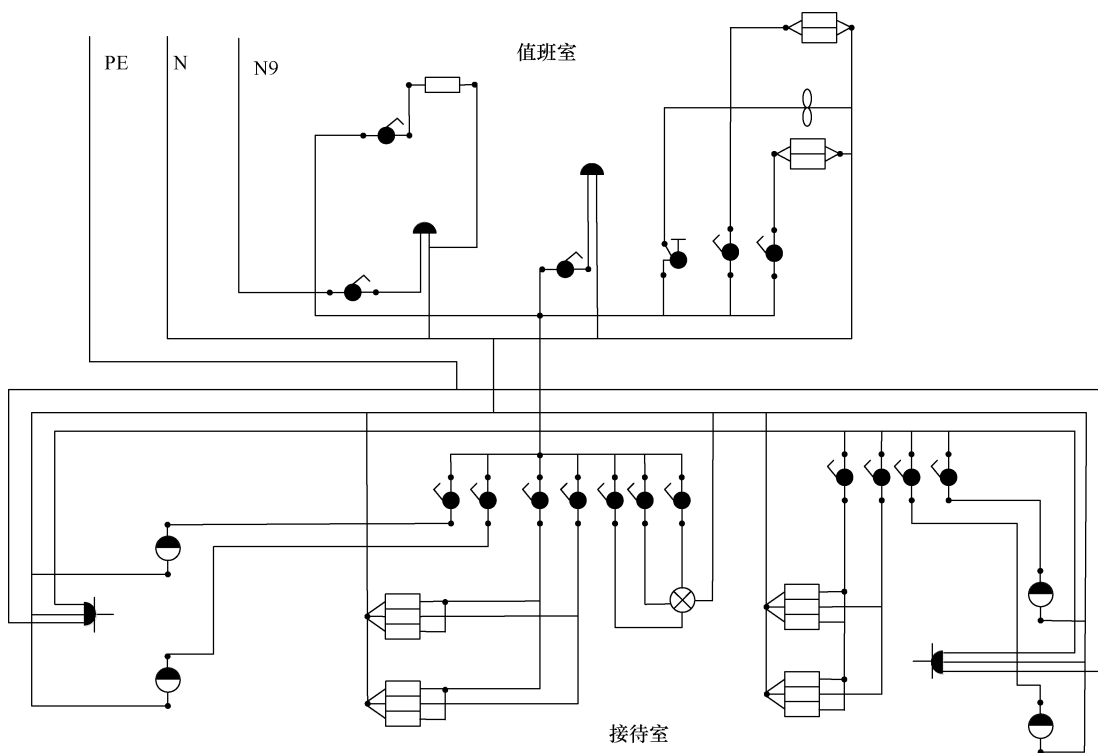


图 5-33 N9 支路信号流程

5.6 建筑安全系统电气图识图

5.6.1 楼宇对讲系统电气图识图

1. 楼宇对讲系统的分类

楼宇对讲系统又称为对讲机-电锁门保安系统。目前主要分为单对讲和可视对讲两种类型。以功能分类,可分为基本功能性和多功能型;基本功能型只具有呼叫对讲和控制开门功能,多功能型具有通话保密、密码开门、区域联网、报警联网、内部对讲等功能。以系统线制分类,可分为多线制、总线多线制、总线制三种。

(1) 多线制系统

在多线制系统中,通话线、开门线、电源线、地线公用,每户再增加一条门铃线,系统的总线数为 $4 + N$ (N 为室内机数量)。多线制系统的容量受门口机按键面板和管线数量的限制。多线制系统通常采用单一按键的直通式,这种系统的成本较低,系统框图如图 5-34 所示。

图 5-35 所示是 JB2200 II 型多线制直通式对讲保安系统的连接及安装示意图。该系统较简单,由门口机、室内机、电源盒和电控锁四部分组成。每一住户室内机有一套单独的信号线,另外有三条公共线,即电源线、地线和开锁线。该系统线采用 1mm^2 多股铜芯线。



『行』

——学以致用，攻坚克难

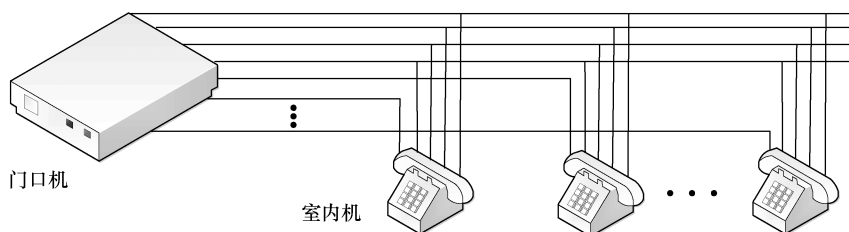


图 5-34 多线制系统框图



图 5-35 JB2200 II 型多线制直通式对讲保安系统的连接及安装示意图

(2) 总线多线制系统

在总线多线制系统中，采用了数字编码技术，一般每一楼层设有一个解码器（又称为楼层分配器），解码器与解码器总线连接，解码器与用户室内机多线星型连接。因为采用了数字编码技术，系统配线数与系统户数无关，从而使安装施工大大简便，系统功能增强，但设备价格较高。解码器一般分为四用户、八用户等几种规格。总线多线制系统框图如图 5-36 所示。

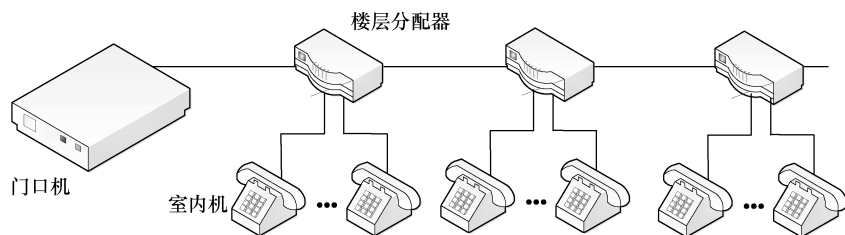


图 5-36 总线多线制系统框图

图 5-37 所示是 MD-D51 型楼宇对讲保安系统示意图。该系统由管理员机、门口机、用户分配器、室内机、电源等组成。楼层分配器有四分配、八分配等几种规格，可根据情况一层用一个或二层用一个，或一层用二个等。该系统最大容量可达 1024 户，若每层 16 户，则可接 64 层。

(3) 总线制系统

在总线制系统中，将解码电路设于用户室内机中，而把楼层解码器省去，整个系统完全是



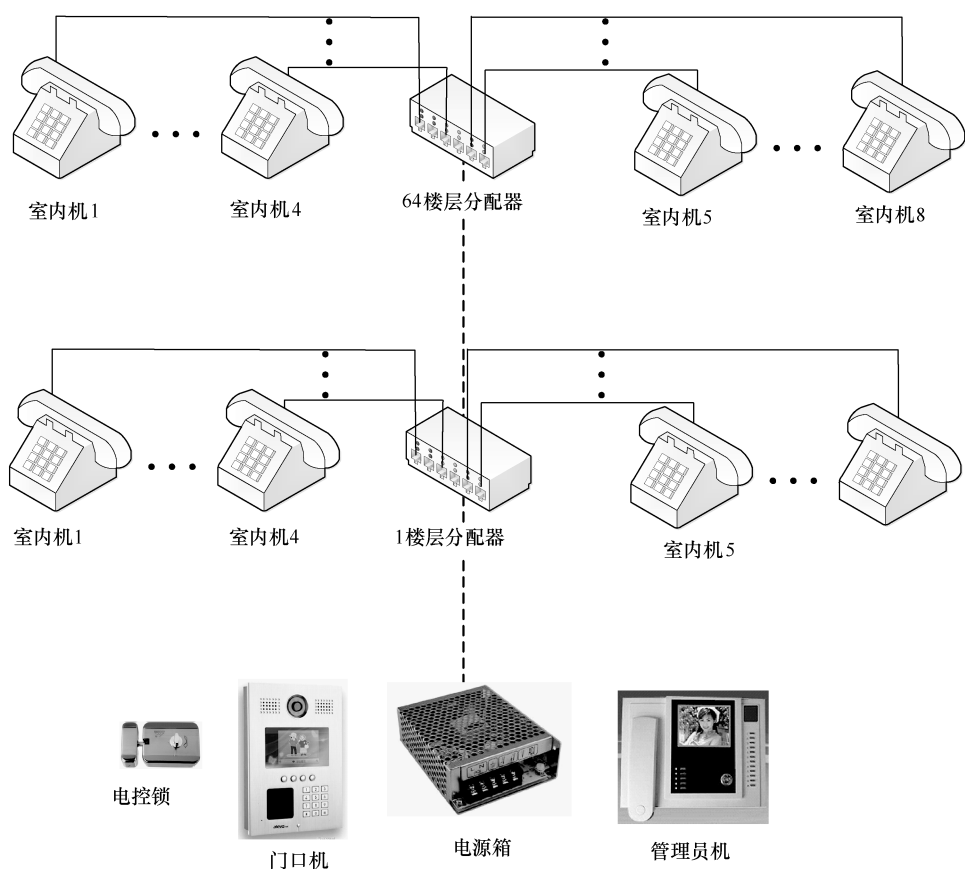


图 5-37 MD-D51 型楼宇对讲保安系统示意图

总线连接，其功能更强大。因为无楼层解码器，在系统配置和连接上更灵活，适应范围更广，安装施工非常简便。目前在智能化楼宇中使用越来越多。总线制系统框图如图 5-38 所示。

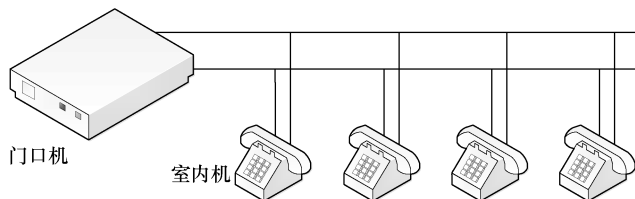


图 5-38 总线制系统框图

总线制由二总线制、三总线制、四总线制等，目前用的最多的是二总线制。某生产厂商的 JB-2000 型楼宇保安对讲系统示意图如图 5-39 所示，该系统主要由主机、室内机、电源、电控锁四部分组成。

2. 楼宇单元防盗门电路的识读

直按式对讲系统框图如图 5-40 所示。

【工作原理】 楼宇单元防盗门电路工作原理

楼宇单元防盗门电路工作原理如图 5-41 所示。



行

学以致用，
攻坚克难

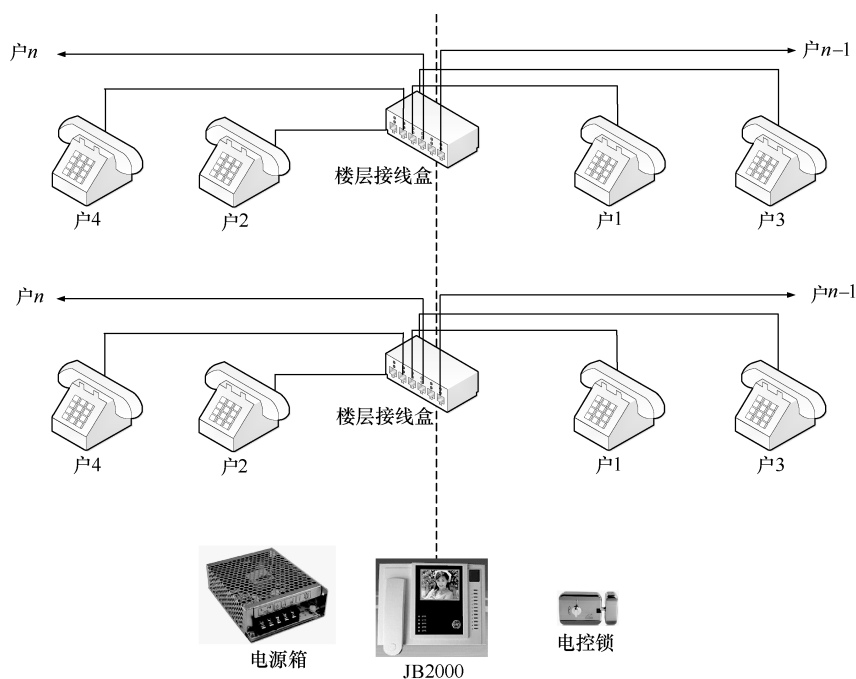


图 5-39 JB-2000 型楼宇保安对讲系统示意图

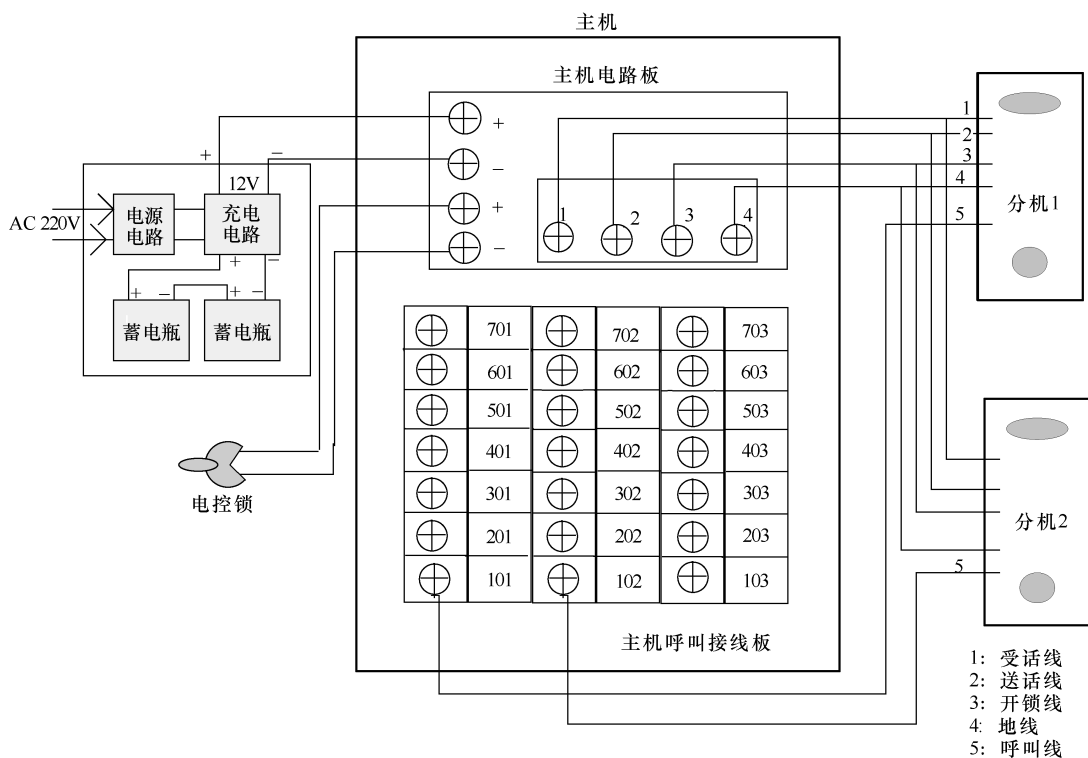


图 5-40 直接式对讲系统框图



「行」

学以致用，攻坚克难

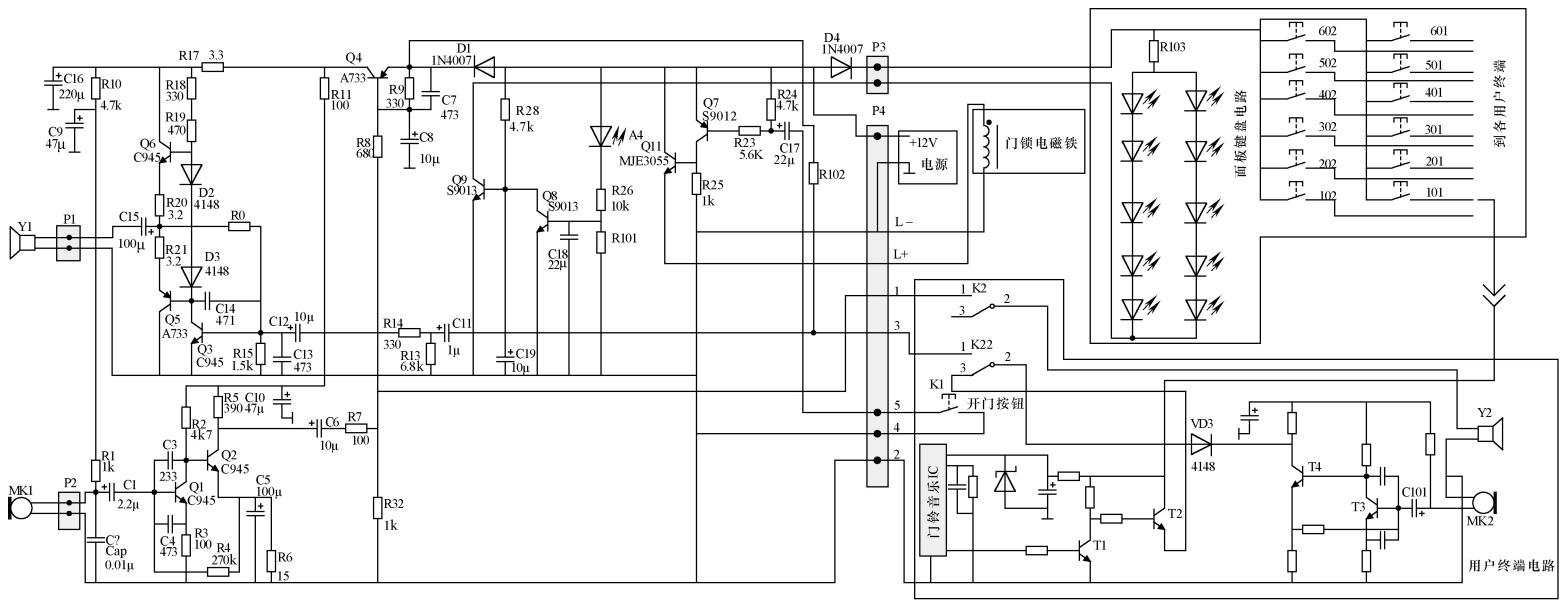


图 5-41 楼宇单元防盗门电路工作原理



楼宇单元防盗门电路工作原理如表 5-6 所示。

表 5-6 楼宇单元防盗门电路工作原理

单元电路	工作原理
电源切换电路	扬声器 1、送话器 1 的电源切换电路主要由晶体管 Q4 担任。当无人进来时，用户室内分机通话手柄是悬挂在分机上的，此时压键开关 K2、K22 是处于压下状态，Q4 基极为高电平，Q4 不导通，扬声器 1、送话器 1 的放大电路应得不到电源供电而不工作 当有人按下用户的密码时（以 101 房间为例），门铃音乐 IC 得电而鸣响。门铃供电流程图为电源 +12V→D4→P3→I01→门铃电路 当用户拿起通话手柄时，压键开关 K2、K22 弹起，K2 的 1、2 接通，K22 的 1、2 也接通。扬声器 1、送话器 1 的电源得电而工作
对讲电路	当用户拿起通话手柄时，压键开关 K2、K22 弹起，K2 的 1、2 接通，K22 的 1、2 也接通。Q4 电源切换（导通），切换条件流程图为 Q4 基极→R8→P4 的 1#端子→K2 的 1、2→Y2→P4 的 2#端子→地线，Q4 基极处于低电平而导通。Q4 导通后供电流程图为 +12V→D1→Q4 发射极→Q4 集电极，然后，一路经 R17 供给扬声器 1 的放大电路，另一路经 R11、C10 供给送话器 1 放大电路 于此同时，送话器 2、扬声器 2 与对应的电路也同样连接导通 送话器 1 与扬声器 2 的信号流程图为 MK1→C1→Q1 基极→Q1 集电极→Q2 基极→Q2 集电极→C6→R7→P4 的 1#端子→K2 的 1→K2 的 2→扬声器 Y2→地 送话器 2 与扬声器 1 的信号流程图为 MK2→C101→T3→T4→VD3→K22 的 2→K22 的 1→P4 的 3#端子→C11→R14→Q3 基极→Q5、Q6 组成的 OTL 放大电路→C15→扬声器 1
键盘电路	Q8、Q9 和光敏二极管 A4 组成了键盘照明电路。白天，光敏二极管呈低阻状态，+12V 电压经 A4、R26、R27 分压后使 Q8 导通，Q9 截止，使键盘上的所有发光二极管不能点亮；晚上光敏二极管呈高阻状态，Q8 失去偏压而截止，Q9 导通，键盘上的发光二极管全部点亮，使按键号清晰可见 C18、C19 两电容器使电路具有延时功能，同时增加了抗干扰的能力，可防止外来光源突然照射造成面板灯短时间熄灭的现象发生

5.6.2 火警自动报警及联动控制系统工程图识图

1. 火警报警器的分类

火警报警器的分类如表 5-7 所示。

表 5-7 火警报警器的分类

火灾探测器种类名称			探测器性能
感烟式	定点型	离子感烟式	及时探测火灾初期烟雾，报警功能较好。可探测微小颗粒（油漆味、烤焦味，均能反应并引起探测器动作；当风速大于 10m 时不稳定，甚至引起误动作）
		光敏感烟式	对光敏感。宜用于特定场合。附近有过强红外光源时可导致探测器不稳定；其寿命较前者短

(续)

火灾探测器种类名称			探测器性能	
感温式	缆式线型感温电缆		火警早、中期产生一定温度时报警，且较稳定。凡不可采用感烟探测器，非爆炸性场所，允许一定损失的场所选用	不以明火或温升速率报警，而是以被测物体温度升高到某定值时报警
	定温式	双金属定温式		它只以固定限度的温度值发出火灾信号，允许环境温度有较大变化而工作比较稳定，但火灾引起的损失较大
		热敏电阻式		
		半导体定温式		
		易熔合金定温式		
	差温式	双金属差温式		适用于早期报警，它以环境温度升高率为动作报警参数，当环境温度达到一定要求时，发出报警信号
		热敏电阻差温式		
		半导体差温式		
	差定温式	膜盒差定温式		具有感温探测器的一切优点而又比较稳定，允许一定爆炸场所
		热敏电阻差定温式		
半导体差定温式				
感光式探测器	紫外线火焰式		监测微小火焰发生，灵敏度高，对火焰反应快，抗干扰能力强	
	红外线火焰式		能在常温下工作。对任何一种含碳物质燃烧时产生的火焰都能反应。对恒定的红外线辐射和一般光源都不起反应	
可燃气体探测器			探测空气中可燃气体含量超过一定数值时报警	
复合型探测器			它是全方位火灾探测器，综合各种长处，适用于各种场合，能实现早期火情的全范围报警	

2. 火灾报警控制器的分类

火灾报警控制器主要有区域火灾报警控制器和集中火灾报警控制器两种。

区域火灾报警控制器系统框图如图 5-42 所示。区域报警系统由区域火灾报警控制器和火灾探测器等组成，或由火灾报警控制器和火灾探测器等组成，它可以自成体系独立工作，也可以作为集中报警系统的子系统，是功能简单的火灾自动报警系统。

集中火灾报警控制器的功能和区域火灾报警器大致相同，其差别是多增加了一个巡回检测电路。巡回检测电路将若干区域报警器连接起来，组成一个系统，巡回各区域报警器有无火灾信号或故障信号，及时指示火灾或故障发生的区域和部位（层号和房号），并发出声光报警信号。

集中火灾报警控制器系统框图如图 5-43 所示。集中火灾报警系统由集中火灾报警控制器、区域火灾报警控制器和火灾探测器等组成，或由火灾报警控制器、区域显示器和火灾探测器等组成，是功能叫复杂的火灾自动报警系统。

3. 消防联动控制

消防控制设备应由下列部分或全部控制装置组成：火灾报警控制器；自动灭火系统的控制装置；室内消火栓系统的控制系统；防烟、排烟系统及空调通风系统的控制装置；常开防

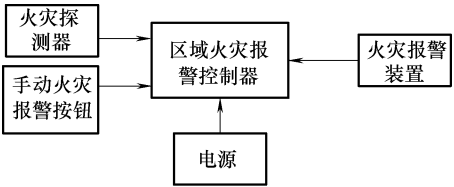


图 5-42 区域火灾报警控制器系统框图



行

学以致用，攻坚克难

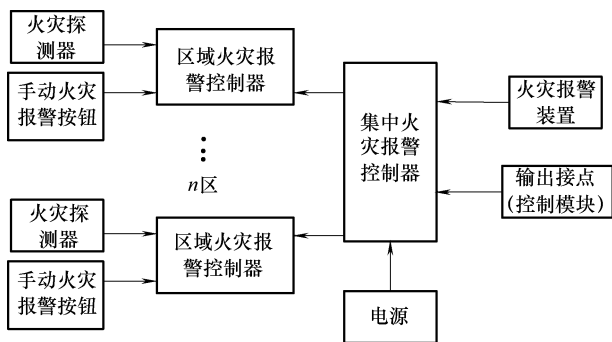


图 5-43 集中火灾报警控制器系统框图

防火门、防火卷帘的控制装置；电梯回降控制装置；火灾应急广播的控制装置；火灾警报装置的控制装置；火灾应急照明与疏散指示标志的控制装置。

4. 火灾自动报警及联动控制系统工程图识读的要点（见表 5-8）

表 5-8 火灾自动报警及联动控制系统工程图识读的要点

要 点	内 容
识读图样说明	通过阅读图样说明，了解工程概况和设计依据，明确消防保护等级
识读消防系统图	了解火灾自动报警及联动控制系统的报警设备（火灾探测器、火灾报警控制器、火灾报警装置等）、联动控制系统、消防通信系统、应急供电及照明控制设备等的规格、型号、参数、总体数量及连接关系；了解导线的功能、数量、规格及敷设方式；连接火灾报警控制器的线制和火灾报警设备的布线敷设；掌握该工程的大火自动报警及联动控制系统的总体配线情况和组成概况
识读消防平面图	通过仔细反复阅读各消防平面图，进一步了解火灾探测器、火灾手动报警按钮和消火栓配套的紧急按钮及电话的类型、数量及具体安装位置，消防线路的敷设部位、敷设方法及选用导线的型号、规格、数量、管径大小等。阅读平面图时，首先从消防报警中心开始，将其与其他楼层接线端子箱（区域报警控制器）连接大小走向关系搞清楚，就容易理解工程情况了。然后从楼层接线端子箱（区域报警控制器）延续到各支线的配线方式和设备连接情况
识读消防控制原理图	消防控制原理图，是用来指导设备安装和控制系统调试工作的，识读时应根据功能关系从上到下或从左到右一个回路、一个回路的阅读

5.6.3 火警报警与消防联动控制系统图识图

某楼层火警报警与消防联动控制系统图如图 5-44 所示。

1. 控制系统图中配线标注的情况

图中共有 4 条报警回路总线由控制器引出，分别标号为 JN1-JN4，JN1 引至地下层，JN2 引至 1 至 3 层，JN3 引至 4-6 层，JN4 引至 7-8 层。

控制系统图中配线标注的情况如表 5-9 所示。

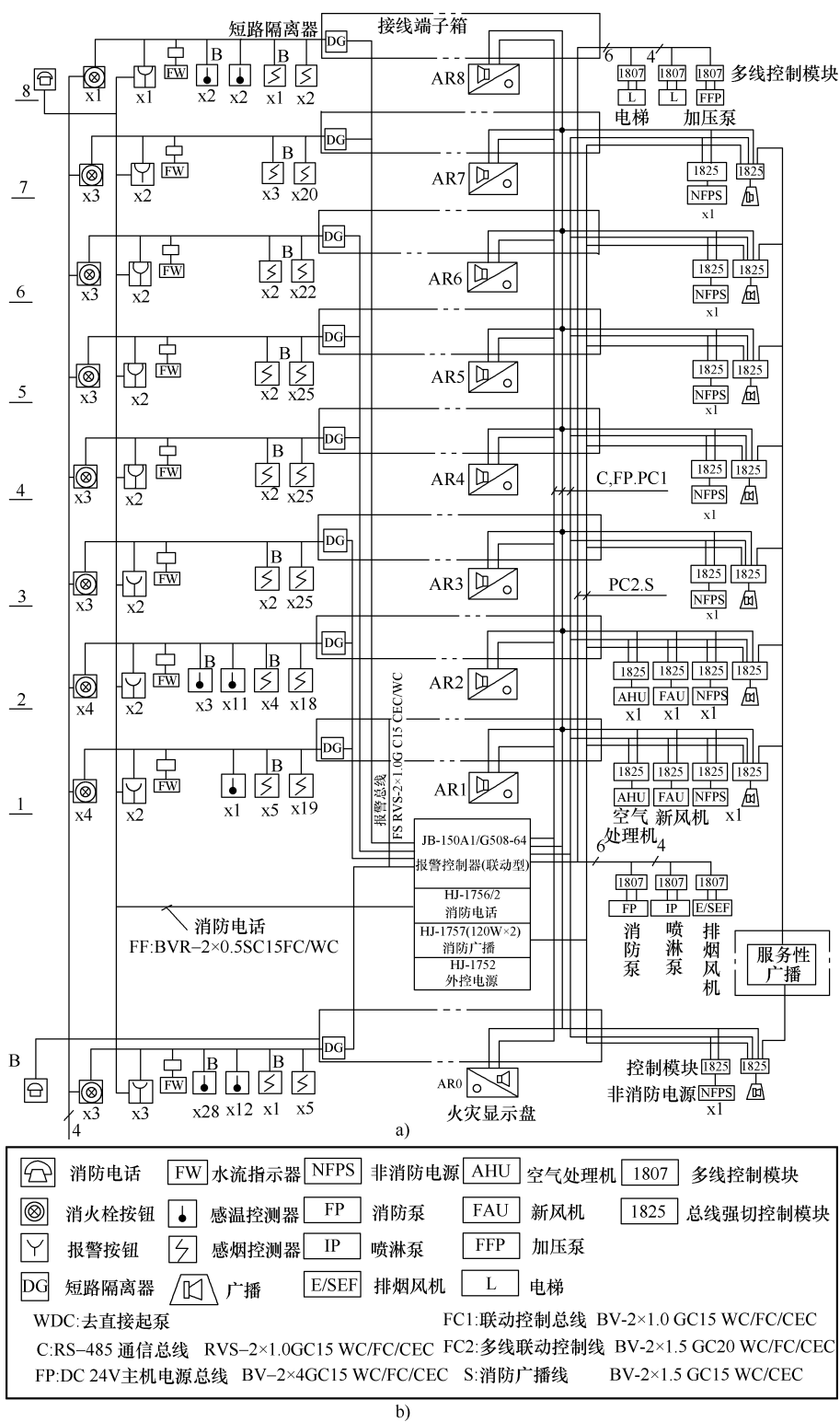


图 5-44 某楼层火警报警与消防联动控制系统图



『行』

学以致用，攻坚克难

表 5-9 控制系统图中配线标注的情况

配 线	标 注	标 注 含 义
报警总线 FS	RVS-2 × 1.0GC15CEC/WC	软导线（多股）、塑料绝缘、双绞线；两根截面为 1mm ² ；穿水煤气钢管（直径为 15mm）；沿顶棚暗敷或沿墙暗敷
电话总线 FF	BVR-2 × GC15FC/WC	BVR-用塑料绝缘软导线进行布线，FC-沿地面暗敷；其他同上
火灾报警控制器通信总线 C	RVS-2 × 1.0GC15WC/FC/CEC	控制器与火灾显示盘或某些特殊功能驱动模块之间的数据交换，通过 C（即 RS485）通信总线传输。其他同上相似
电源联动总线 FP	BV-2 × 4.0GC15WC/FC/CEC	直流 24V。其他同上相似
联动控制总线 FC1	BV-2 × 1.0GC15WC/FC/CEC	联动控制输入输出模块接入该总线。其他同上相似
多线联动控制线 FC	BV-2 × 1.5GC20WC/FC/CEC	多线联动控制如防水泵、防烟、排烟机等。其他同上相似
消防广播线	BV-2 × 1.5WC/CEC	广播配线。其他同上相似

2. 接线端子箱

每个楼层都安装有接线端子箱，箱中都有一个短路隔离器 DG。隔离器的作用是当某一楼层的报警总线一旦发生短路故障时，就将发生短路故障的楼层报警总线切断，就不会影响其他楼层的报警设备正常工作了。

3. 火灾显示盘 AR

每个楼层设置一个火灾显示盘，显示盘可以采用数显式或指示灯。

4. 消火栓箱报警按钮

该按钮主要用于手动启动消防水泵，图中按钮下面“×3”或“×4”表示本楼层共设置有 3 个或 4 个报警按钮。每个消火栓按钮在接入两总线报警控制系统外，还接入消防泵直接启动线 WDC。消火栓箱报警按钮在平面图中的标号为 SF01 ~ SF03。

5. 手动报警按钮

手动报警按钮是安装在防火分区内，一般安装在楼梯口等处，手动报警按钮在平面图中的标号为 SB01 ~ SB03。

6. 水流指示器

水流指示器主要用于水喷淋系统，当大火发生并超过一定温度时，前端喷洒头破碎，管道内由于静压作用，水的流动引发水流指示器动作，其状态通过总线模块接入报警控制系统。

7. 联动控制模块

该系统主要是对消防水泵系统、机械防排烟系统、电梯系统、广播系统、非消防电源等设备，在火灾和平时进行监视和控制。

广播扬声器是通过总线控制模块 1825 接入的；空气处理机组 AHU、新风机组 PAU、非消防电源 NFPS，火灾时通过总线控制模块 1825 关断；非消防用电梯 L，火灾时通过多线控制模块 1807 强制返回底层。消防泵 FP、喷淋泵 IP、防排烟风机 E/SEF，火灾时通过多线控



其中线电压为 380V，相电压为 220V，即线电压是相电压的 $\sqrt{3}$ 倍。一般线电压供三相动力设备使用，相电压供单相设备和照明器具使用。

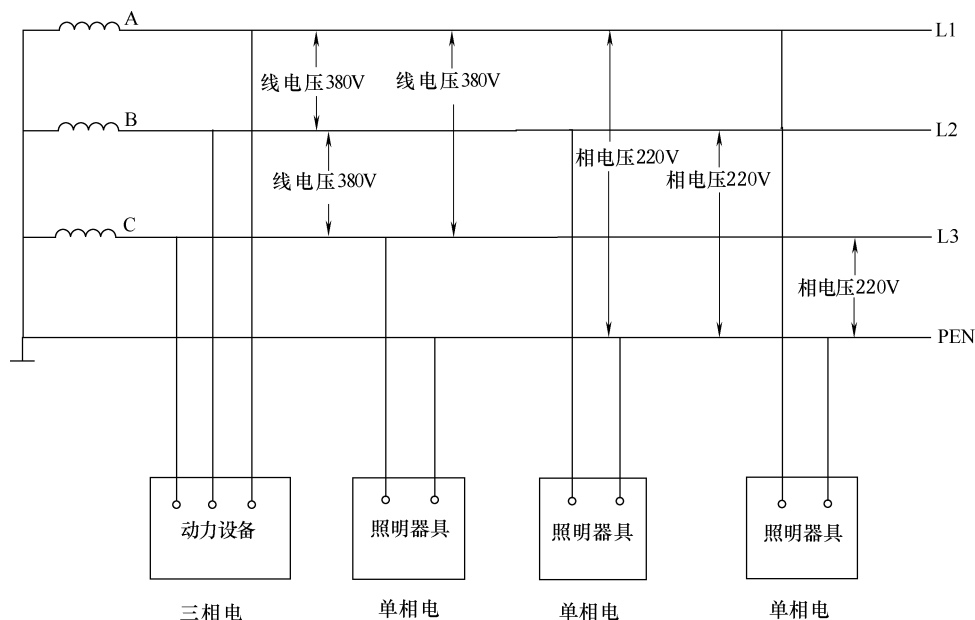


图 5-46 三相四线制供电原理

建筑工程供电使用的基本供电系统有三相三线制、三相四线制等，但这些名词术语内涵不是十分严格。国际电工委员会（IEC）对此作了统一规定，称为 TT、TN 及 IT 供电系统。其中，TN 系统又分为 TN-C、TN-S、TN-C-S 系统。

【TT 供电】 TT 方式供电系统

TT 方式是指将电气设备的金属外壳直接接地的保护系统，称为保护接地系统，也称 TT 系统，主要用于高压系统。该系统的供电原理图如图 5-47 所示。第一个符号 T 表示电力系统中性点直接接地；第二个符号 T 表示负载设备外露布与带电体相连接的金属导电部分与大地直接连接，而与系统如何接地无关。在 TT 系统中的负载所有接地均称为保护接地。这个供电系统的特点如下：

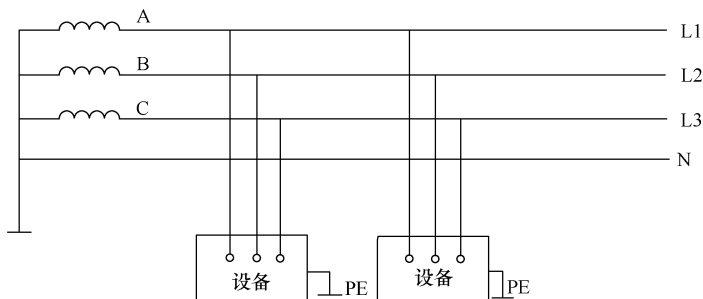


图 5-47 TT 方式供电系统原理图

- 1) 当电气设备的金属外壳带电（相线碰壳或设备绝缘损坏而漏电）时，由于有接地保



护，可以大大减少触电的危险性。但是，低压断路器（空气自动开关）不一定能跳闸，造成漏电设备的外壳对地电压高于安全电压，属于危险电压。

2) 当漏电电流比较小时，即使有熔断器也不一定能熔断，所以还需要漏电断路器作保护，因此 TT 系统不宜在 380V/220V 供电系统中应用。

3) TT 系统接地装置耗用的钢材多，而且难以回收，费工、费料。

现在有的建设单位采用 TT 系统，施工单位借用其电源作临时用电时，应用一条专用保护线，以减少增设接地装置钢材用量。

把新增加的专用保护线 PE 和工作零线分开，其特点如下：

- 1) 公用接地线与工作零线没有电的联系。
- 2) 正常运行时，工作零线可以有电流，而专用保护线没有电流。
- 3) TT 系统适用于接地保护占很分散的地方。

【TN 供电】 TN 供电系统

1. TN-C 方式供电系统

这种供电系统是电源中性点接地，电气设备的金属外壳与工作零线相接的保护系统，称作接零保护系统。TN 方式供电系统中，根据其保护零线是否与工作零线分开而划分为 TN-C 和 TN-S 两种。**TN-C 中的 C 表示它的工作零线 N 和保护线 PE 共用一根线，即用工作零线兼作接地保护线，可以称作保护性中性线，可用 PEN 表示。**TN-C 系统的特点如下，其供电原理图如图 5-48 所示。

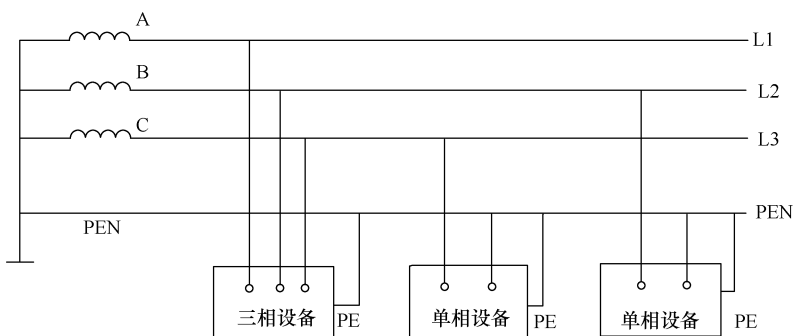


图 5-48 TN-C 系统供电原理图

1) 一旦设备出现外壳带电，接地保护系统能将漏电电流上升为短路电流，这个电流很大，是 TT 系统的 3.5 倍，实际就是单相对地短路故障，熔断器会熔断，自动开关立即使脱扣器动作而跳闸，使故障设备断电，比较安全。

2) TN 系统节省材料和工时，在我国和其他许多国家得到广泛应用，可见其比 TT 系统优点多。

3) 由于三相负载不平衡，工作零线上有不平衡电流，会产生一定的电位差，所以与保护所连接的电气设备金属外壳对大地有一定的电压。

4) 如果工作零线断线，则保护的漏电设备外壳带电。如果电源的相线碰地，则设备的外壳电位升高，使中性线上的危险电位蔓延。

5) TN-C 系统干线上使用漏电保护器时，工作零线后面的所有重复接地必须拆除，否则漏电开关合不上闸，而且工作零线在任何情况下不得断开。所以，实用中工作零线只能让

漏电保护器的上侧有重复接地。

6) TC-C 方式供电系统只适用于三相负载基本平衡的情况。

2. TN-S 方式供电系统

把工作零线 N 和专用保护线 PE 严格分开的供电系统称作 TN-S 供电系统。TN-S 系统的特点如下，其供电原理图如图 5-49 所示。

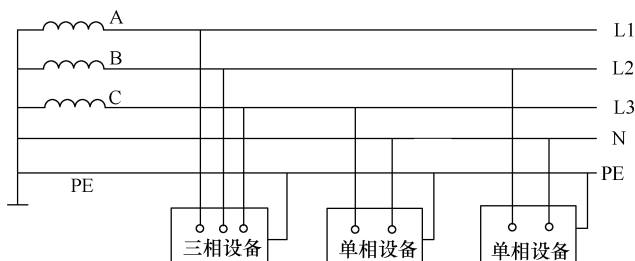


图 5-49 TN-S 系统供电原理图

1) 系统正常运行时，专用保护线上没有电流，只是工作零线上有不平衡电流。PE 线对地没有电压，因此电气设备金属外壳接零保护是接在专用的保护线 PE 上，安全可靠。

2) 工作零线只用作单相照明负载的回线，当三相负载很不平衡时，工作零线对地有电压，尤其是当工作零线出现高电位时，有可能导致检修人员间接触电。因此，进户线处总开关和末级线路保护开关需要为检修隔离而采用四极或双极开关切断工作零线。所以需要增加开关的投资成本。

4) 干线上使用漏电保护器时，漏电保护器下不得重复接地，而 PE 线重复接地，但是不经过漏电保护器，所以 TN-S 系统供电干线上也可以安装漏电保护器。

5) 在科研、教学、医院等工作场所，由于使用携带式或移动式单相用电设备较多，宜提倡采用 TN-S 系统。建筑施工临时供电规范也要求采用 TN-S 方式供电系统。

3. TN-C-S 方式供电系统

在低压供电系统中，如果前部分工作零线 N 和保护地线 PE 公用一根线，而后部分从进户总配电箱开始将工作零线 N 和保护地线 PE 严格分开的供电系统，称为 TN-C-S 系统。分开以后 N 线应对地绝缘。为防止 PE 线与 N 线混淆，应分别给 PE 线和 PEN 线涂上黄绿相间的色标，N 线涂以浅蓝色色标。此外，自分开后，PE 线不能再与 N 线再合并。

其供电原理图如图 5-50 所示。TN-C-S 系统的特点如下：

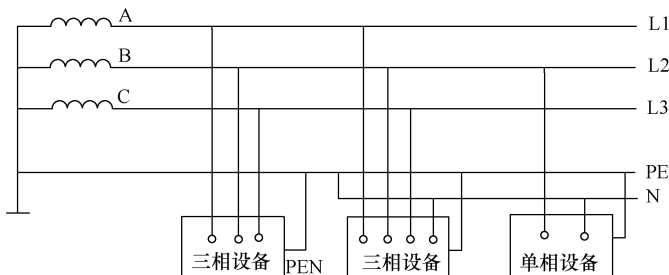


图 5-50 TN-C-S 系统供电原理图



行

学以致用，攻坚克难



1) PE 线在任何情况下都不得进入漏电保护器，因为保护器跳闸将 PE 线也切断，这是不允许的。PE 线在任何情况下都不得断线。

2) PE 线除了在总箱必须和 N 线相接以外，其他各分箱处均不得把 N 线和 PE 线相连。PE 线上不许安装开关和熔断器，也不得用大地兼作 PE 线，且连接必须牢靠。

3) 因为在前面的 PEN 线有三相不平衡电流通过，产生波动的电压降而对敏感的电子设备产生电阻性干扰，当这种受干扰的电子设备数量比较多时，应该采用 TN-S 系统。

4) 从变电所出线是用 PE N 线兼作中性线 N 和保护线 PE，节省了一股线，而且在用户进户处和末级配电线路不需要为断开 N 线而设置四极和双极开关。一次投资比 TN-S 系统节省。

5) 对于以单相负荷为主的供电，其出线采用等截面四芯线，PE N 线的截面比 TN-S 系统的 PE 线截面大，所以减少了接地故障时的相零回路的阻抗，故增大了单相接地短路电流，有利于提高接地故障保护电气的跳闸动作的可靠性。

6) TN-C-S 系统在用户进户处必须作等电位联接，并在进户处作重复接地。将出线中的 PEN 线、用户中性线 N 和保护线 PE 同时接到总等电位联接端子上，此时 PEN 线和 N 线上的高电位或偏移电位虽然能传递到等电位联接端子上，但是由于等电位联接端子可以消除这些电位，所以对人体不会产生接触电的危险。

7) PE 线上平时没有电流，避免了因对地电位放电产生火花而引起火灾甚至爆炸事故。可见 TN-C-S 系统可以有条件地用于易燃、易爆场所。

通过上述分析可知，TN-C-S 供电系统是在 TN-C 系统上临时变通的做法。当三相电力变压器工作接地情况良好、三相负载比较平衡时，用 TN-C-S 系统在施工用电实践中效果还是可以的。但是，在三相负载不平衡、建筑施工工地有专用的电力变压器时，还是应采用 TN-S 方式供电系统。

【IT 供电】 IT 方式供电系统

IT 系统是指在电源中性点不接地系统中，将所有设备的外露可导电部分均经各自的保护线 PE 分别直接接地，称之为 IT 供电系统。IT 系统一般为三相三线制。

第一个字母 I 表示电源侧没有工作接地，或经过高阻抗接地。第二个字母 T 表示负载侧电气设备进行接地保护。IT 系统供电原理图如图 5-51 所示，IT 系统的特点如下：

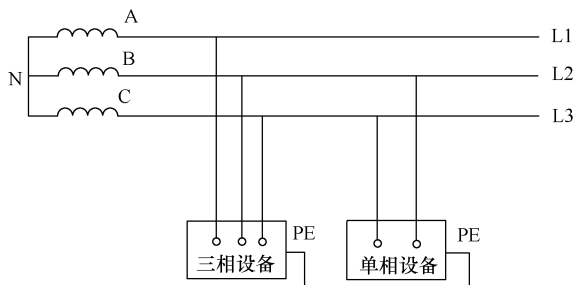


图 5-51 IT 系统供电原理图

IT 方式供电系统在供电距离不是很长时，供电的可靠性高、安全性好。一般用于不允许停电的场所，或者是要求严格地连续供电的地方，如煤矿等矿业、大医院的手术室等。这种供电方式在施工工地上很少见。

IT 系统发生接地故障时，接地故障电压不会超过 50V，不会引起间接电击的危险。

5.7 我来做——建筑电气工程图识图



习题 5

5.1 建筑电气施工平面图一般由哪些分类。

5.2 简述识图的几大步骤。

5.3 说出如下的照明灯的标注的含义。

$$a - b \frac{c \times d \times L_f}{e}$$

5.4 说出如下安装的照明灯的含义：

$$4 - \text{BYS80} \frac{2 \times 40 \times FL}{3.5} \text{CS}$$

5.5 照明接线的表示方法有几种？简述之。

5.6 建筑供电系统中性点接地方式有几种？有什么特点？

5.7 识读如下某公寓一单元插座平面图及照明平面图。

某公寓一单元插座平面图如图 5-52a 所示，照明平面图如图 5-52b 所示。

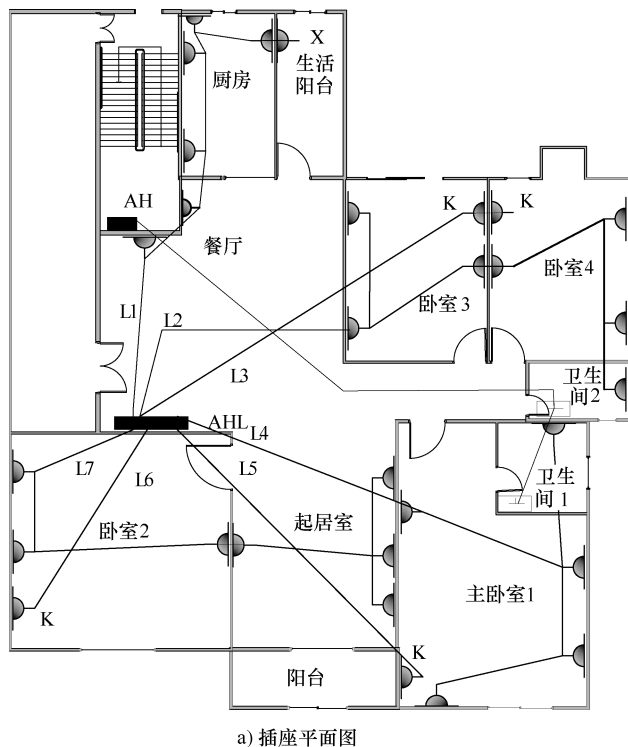
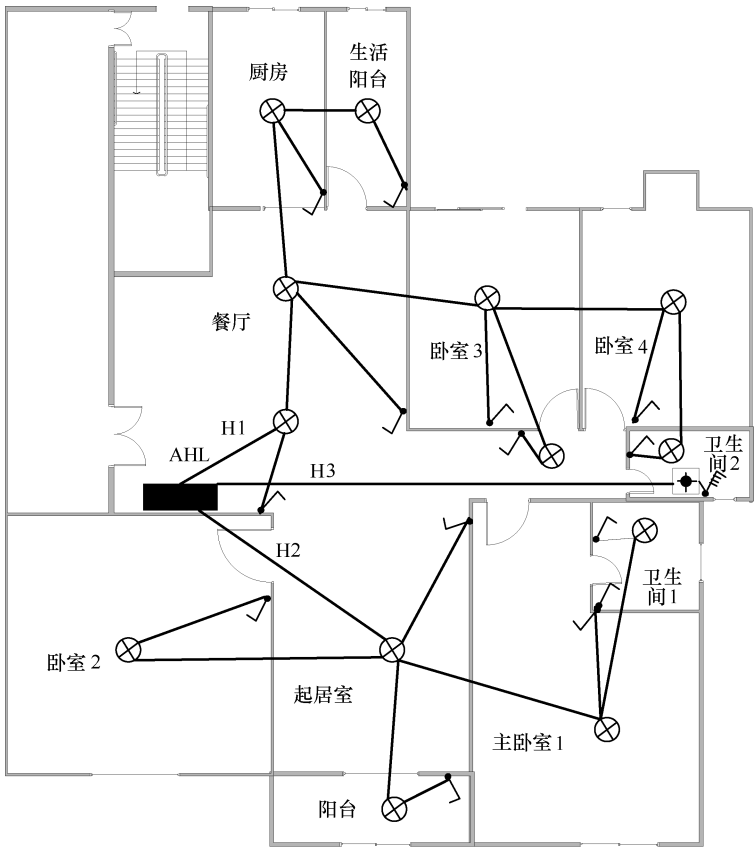


图 5-52 某公寓一单元插座平面图及照明平面图



b) 照明平面图

图 5-52 某公寓一单元插座平面图及照明平面图 (续)

常用低压电器及控制
电路图识图



6.1 识图前需要知道的

6.1.1 低压电器的组成

【需要了解 1】 低压电器常见的分类方法

低压电器产品主要有刀开关和转换开关、熔断器、断路器、控制器、接触器、起动器、控制继电器、主令电器、电阻器、变阻器、调整器、电磁铁等。低压电器常见的分类方法如表 6-1 所示。

表 6-1 低压电器常见的分类方法

分 类 方 法	类 别	说明及用途
按低压电器的用途和所控制的对象	低压配电电器	包括低压开关、低压熔断器等，主要用于低压配电系统及动力设备中
	低压控制电器	包括接触器、继电器、电磁铁等，主要用于电力拖动及自动控制系统中
按低压电器的动作方式分	自动切换电器	依靠电器本身参数的变化或外来信号的作用，自动完成接通或分断等动作的电器，如接触器、继电器等
	非自动切换电器	主要依靠外力（如手控）直接操作来进行切换的电器，如按钮、低压开关等
按低压电器的执行机构分	有触头电器	具有可分离的动触头和静触头，主要利用触头的接触和分离实现电路的接通和断开控制，如接触器、继电器等
	无触头电器	没有可分离的触头，主要利用半导体元器件的开关效应来实现电路的通断控制，如接近开关、固态继电器等

【需要了解 2】 低压电器产品型号组成形式

低压电器产品型号组成形式及含义如图 6-1 所示。低压电器产品型号类组代号如表 6-2 所示，低压电器产品型号通用派生代号如表 6-3 所示，低压电器特殊环境条件派生代号如

表 6-4所示。

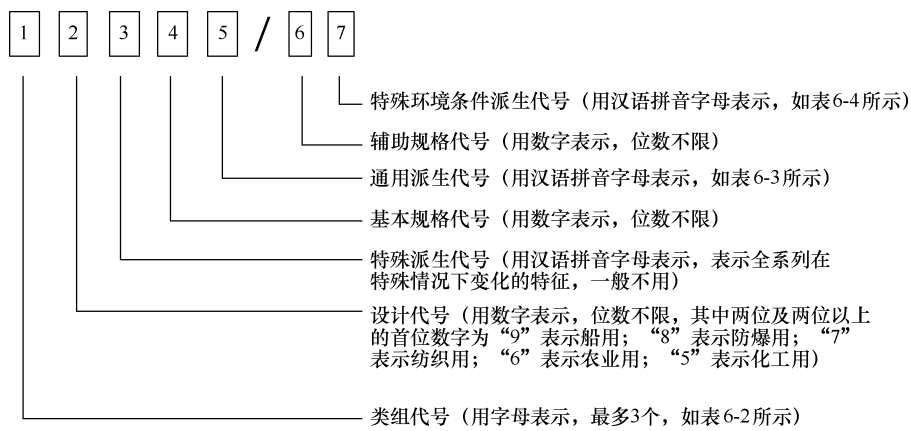


图 6-1 低压电器产品型号组成形式及含义

表 6-2 低压电器产品型号类组代号

代号	名 称	A	B	C	D	G	H	J	K	L	M	P	Q	R	S	T	U	W	X	Y	Z
H	刀开关和转换开关				刀开关		封闭式负荷开关		开启式负荷开关					熔断器式刀开关	刀形转换开关					其他	组合开关
R	熔断器			插入式			汇流排式			螺旋式	密闭式				快速	有填料管式			限流	其他	
D	断路器									照明	灭磁				快速			框架式 ^①	限流	其他	塑料外壳式 ^②
K	控制器					鼓式						平面				凸轮				其他	
C	接触器					高压		交流				中频			时间					其他	直流
Q	起动器	按钮式		磁力				减压							手动		油浸		星三角	其他	综合

(续)

代号	名 称	A	B	C	D	G	H	J	K	L	M	P	Q	R	S	T	U	W	X	Y	Z
J	控制继电器									电 流				热	时 间	通 用		温 度	其 他		中 间
L	主令电器	按 钮							主 令 控 制 器						主 令 开 关	足 踏 开 关	旋 钮	万 能 转 换 开 关	行 程 开 关	其 他	
Z	电阻器		板 形 元 件	冲 片 式		管 形 元 件									烧 结 油 浸	铸 铁 元 件			电 阻 器	其 他	
B	变阻器			旋 臂 式						励 磁		频 敏	起 动		石 墨	起 动 调 速	油 浸 起 动	液 体 起 动	滑 线 式	其 他	
T	调整器				电 压																
M	电磁铁												牵 引					起 重			制 动
A	其他		保 护 器	插 销	灯		接 线 盒			铃											

- ① 原称万能式。
- ② 原称装置式。

表 6-3 低压电器产品型号通用派生代号

派 生 字 母	代 表 意 义	派 生 字 母	代 表 意 义
A、B、C、D、…	结构设计稍有改进或变化	K	开启式
J	交流、防溅式	H	保护式、带缓冲装置
Z	直流、自动复位、防振、重任务	M	密封式、灭磁
W	无灭弧装置	Q	防尘式、手牵式
N	可逆	L	电流的
S	有锁住结构、手动复位、防水式、三相、三个电源、双线圈	F	高返回、带分励脱扣
P	电磁复位、防滴式单相、两个电源、电压		

表 6-4 低压电器特殊环境条件派生代号

派 生 字 母	说 明	备 注
T	按湿热带临时制造	此类派生代号加注在产品全型号后
TH	湿热带	
TA	干热带	
G	高原	
H	船用	
Y	化工防腐用	

6.1.2 控制电路图的规定

【基本规定 1】 电气原理图的电气常态位置

在识读电气原理图时，一定要注意，图中元器件的可动部分通常表示的是在电器非激励或不工作状态的状态和位置，即常态位置。常见器件的常态位置如表 6-5 所示。

表 6-5 常见器件的常态位置

电 器	常 态
继电器、接触器	线圈处于非激励状态
断路器、隔离开关	在断开位置
控制开关	零位操作的手动控制开关在零位状态，不带零位的手动控制开关在图中规定的位置
机械操作开关、按钮	在非工作状态或不受力状态
保护用电器	处于设备正常工作状态

【基本规定 2】 连接端子的标志和编号

在电气原理图中，三相交流电电源的进线一般采用 L1、L2、L3 来标记，中性线一般用 N 标记。保护线用 PE 标记。直流系统电源正极、负极、中间线分别用 L+、L- 与 M 标记。电源开关之后的三相交流电电源主电路分别按照 U、V、W 相序的顺序来标记，分级顺序交流电源的主电路采用文字代号 U、V、W 的前面加阿拉伯数字 1、2、3 等标记，如 1U、1V、1W 及 2U、2V、2W 等。电动机电子三相绕组的首端分别用 U、V、W 标记，尾端分别用 U'、V'、W' 标记。双绕组的中点则用 U"、V"、W" 标记。电路采用字母、数字、符号及其组合形式标记。

控制电路采用阿拉伯数字编号，一般由三位或三位以下个数字组成。在垂直绘制的电路中，标号顺序一般自上而下编号；在水平绘制的电路中，标号顺序一般由左至右编号。标记的原则是，凡是被线圈、绕组、触点或电阻、电容等电气元件所隔开的线段，都应标以不同的线路标记（编号）。

【基本规定 3】 划线的规定

在设计和施工图中，主电路部分以粗实线画出，辅助电路则以细实线画出。

6.1.3 电气图的表示方法

连接线的表示方法

【需要了解 1】 连接线的绘制方法

行
——学以致用，攻坚克难

按照电路图中连接线数量的不同,连接线的绘制可分为多线表示法、单线表示法和混合表示法三种。

每根连接线都单独用一条图线表示的方法,称为多线表示法。多线表示法一般用于表示各相或各线内容的不对称和要详细表示各相或各线的具体方法的场合。

图 6-2a 所示是多线表示法,该图是一个 Y- Δ 转换电动机主电路,采用多线表示法。

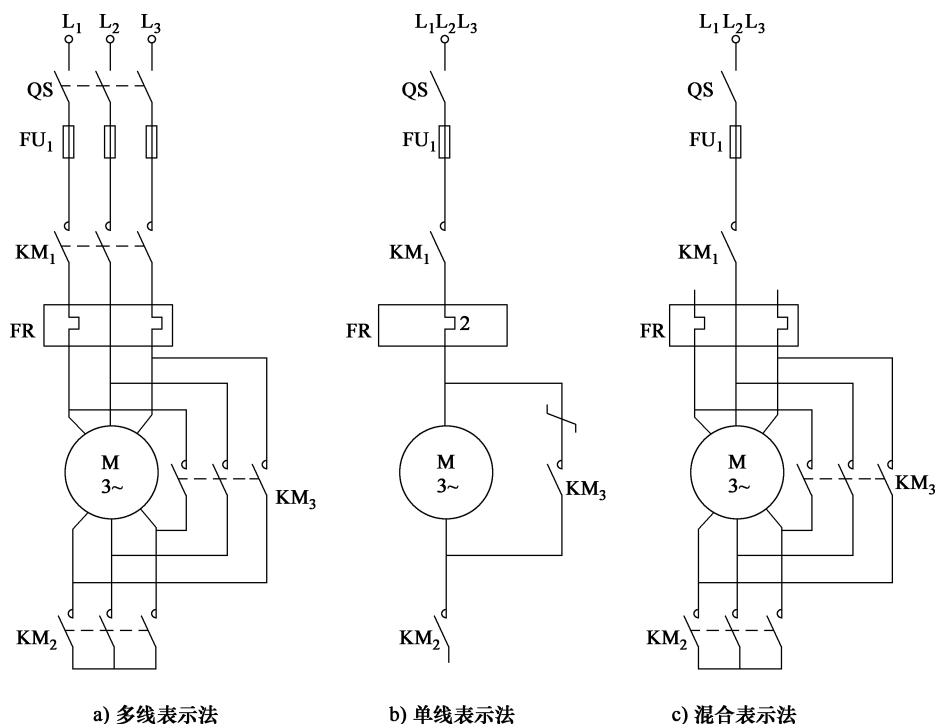


图 6-2 连接线的表示方法

用一条图线表示两根或两根以上 (大多是表示三相系统的三根) 连接线的方法,称为单线表示法。单线表示法易于绘制,清晰易读。它应用于三相或多线对称或基本对称的场合。

图 6-2b 所示是单线表示法。常用这种方法对于不对称的部分应在图中注释,图 6-2a 所示热继电器是两相的,图 b 中标注了“2”。

在一个图中,一部分采用多线表示法,一部分采用单线表示法,称为混合表示法。图 6-2c 所示是混合表示。为了表示三相绕组的连接情况,该图用了多线表示法;为了说明两相热继电器,也用了多线表示法;其余的断路器、熔断器、接触器都是三相对称,采用单线表示。

【基本规定】 连接线连接点的表示

导线连接点有 T 形、十字形两种,其标注方法如图 6-3 所示。T 形连接点一般不加实心圆点“·”,如图 6-3a 所示。对十字形连接点,则必须加实心圆点,如图 6-3b 所示。凡交叉而不连接的两条或两条以上连接线,在交叉处不得加实心圆点,如图 6-3c 所示。并应避免在交叉处改变方向,也不得穿过其他连接线的连接点,如图 6-3d 所示。



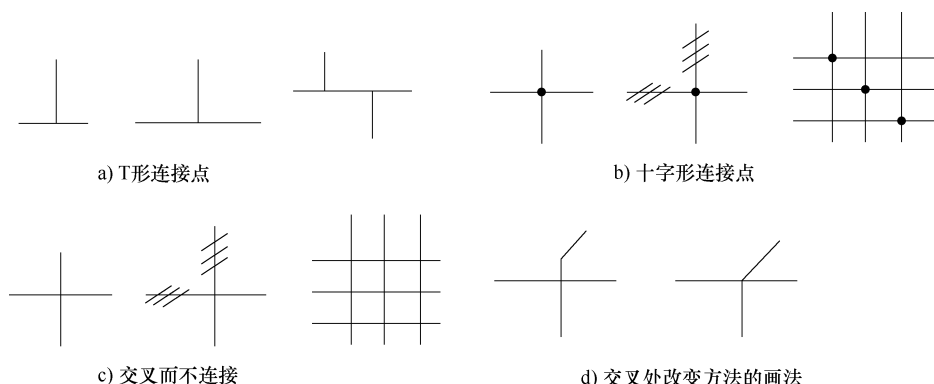


图 6-3 连接线连接点的表示

6.1.4 电气元件的基本表示方法

电气元件在电气图中完整图形符号的表示方法有集中表示法、分开表示法和半集中表示法。

【重要知识点 1】集中表示法

集中表示法是把成套装置中一个项目各组成部分的图形符号在简图上绘制在一起的方法。它一般适用于简单的电气图。图 6-4 所示是集中表示法。

【重要知识点 2】分开表示法

分开表示法又称为展开表示法。它是把同一项目中不同部分的图形符号，在简图上按不同功能和不同回路分开表示的方法。不同部分的图形符号用同一项目代号表示，图 6-5 所示是分开表示法。

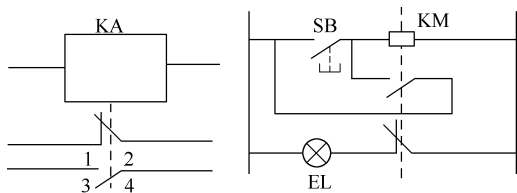


图 6-4 集中表示法

由于分开表示法省去了图中各组成部分的机械连接线，查找各组成部分就比较困难，为了便于寻找其在图中的位置，分开表示法可与半集中表示法结合起来，或采用插图、表格来表示各部分的位置。

【重要知识点 3】半集中表示法

为了使设备和装置的道路布局清晰，易于识别，把同一个项目中某些部分的图形符号在简图上集中表示，其他部分分开布置，并用机械连接符号（虚线）表示它们之间关系的方法，称为半集中表示法。其中，机械连接线可以弯折、分支或交叉。图 6-6 所示是半集中表示法。

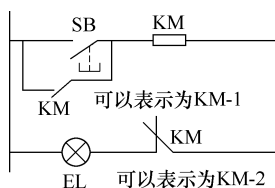


图 6-5 分开表示法

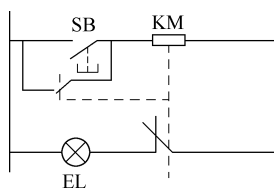


图 6-6 半集中表示法



『行』

学以致用，
攻坚克难

集中表示法。

6.1.5 电气原理图中的主电路和辅助电路

电动机控制电路图一般由 3 部分组成，即电源电路、主电路和辅助电路（或称为控制电路），如图 6-7 所示。各组成部分的作用及特点如表 6-6 所示。

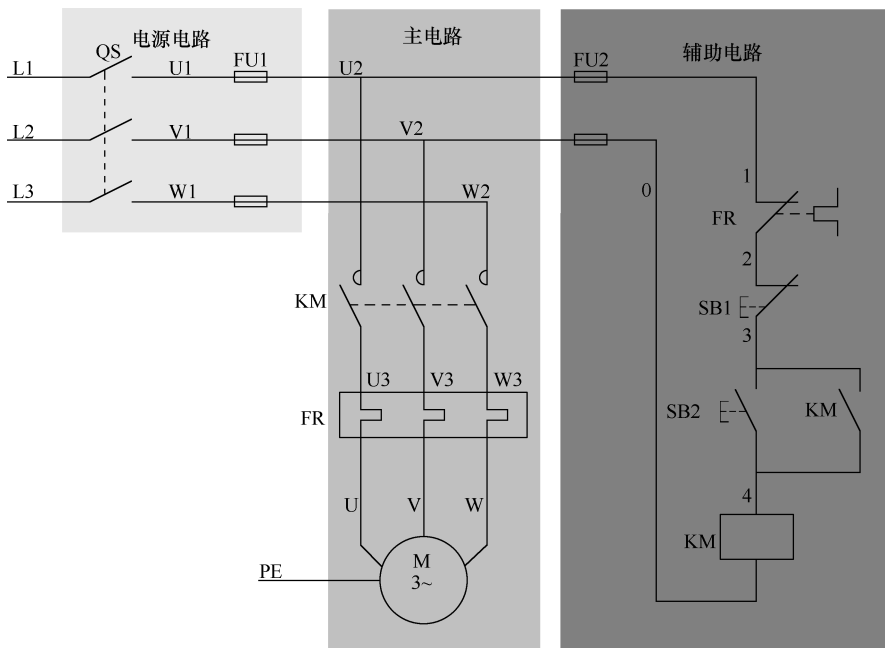


图 6-7 电动机控制电路

表 6-6 电动机控制电路各组成部分的作用及特点

电 路	作 用	电 路 特 点	电 路 画 法
电源电路	为主电路、辅助电路和用电器提供总电源 图 6-7 所示的三相电源开关 QS、三相熔断器 FU1 是电源电路	电流大	习惯上画成水平线，依相序自上而下或从左至右画出，电源开关水平画出
主电路	凡是流过电气设备负载电流的电路，称为主电路 图 6-7 所示的主电路电流是从三相交流电源开始依次经过三相电源开关 QS→三相熔断器 FU1→接触器 KM 的主触点→热继电器 FR 的热元件→电动机 M 绕组	主电路一般比较简单，用电设备数量较少，电流大	习惯上用粗实线画在图纸的左边或上部

(续)

电 路	作 用	电 路 特 点	电 路 画 法
辅助电路	凡是控制主电路通断或监视和保护主电路正常工作的电路称为辅助电路或控制电路 图 6-7 所示的控制电路：三相交流电中的 U2 相→熔断器 FU2→热继电器 FR 辅助触头的常闭触头→停止按钮 SB1→并联的启动按钮 SB2、交流接触器的自锁触头→交流接触器 KM 的线圈→熔断器 FU2→三相交流电源中的 V2 相	电流回路多，但电流小，一般不超过 5A。辅助电路比主电路要复杂，控制器件也较多，有的辅助电路是很复杂的；如用单片机或计算机为控制核心的控制电路就是很复杂的	习惯上用细实线画在图纸的右边或下部 画控制线路原理图的原则： 1. 同一电器的各部件（如热继电器的热元件和常闭触头）分散画时，标注同一文字符号；2. 所有电器的触头所处状态均按未受外力作用或未通电情况下的状态画出

6.1.6 控制电路识图的基本方法、技巧和要点

【技巧点拨 1】 电气控制电路识图要点

掌握电气控制元器件的结构、工作原理是识图的重点。继电器、接触器及中间继电器的线圈一旦得电，就会带动衔铁吸合，使它们的主、辅触头做相反的变化（原来接通的现在断开，原来断开的现在接通），去接通或断开主电路及其他电路实现控制。而时间继电器，线圈得电后，其常开、常闭触头不是马上接通或断开，而是要延时一段时间，才接通或断开电路，延时时间的长短是可以调整改变的。只要掌握这些元器件特点，控制电路就很容易理解和看懂了。

识读电气原理图的一般方法：先看主电路，后看辅助电路，并根据辅助电路各小回路中控制器件的动作情况，研究辅助电路对主电路的控制原理。

【技巧点拨 2】 识读主电路的方法与步骤

识读主电路的方法与步骤如表 6-7 所示。三相异步电动机起动控制电路的电气原理图如图 6-8 所示。

表 6-7 识读主电路的方法与步骤

步 骤	方法与要点
1. 看受控元器件或部件	受控元器件或部件是主电路的核心器件，识读电气图时首先要看清楚这些器件的类别、用途、接线方式、特殊要求等。图 6-8 所示电路中的用电设备是一台三相异步电动机 M
2. 看受控元器件或部件是用什么样的控制元器件控制的	控制元器件的方法很多，有的直接用开关控制，有的用接触器或继电器控制，有的用各种启动器控制。在图 6-8 所示电路中，三相异步电动机起动、停止是受接触器 KM 控制的
3. 看主电路除受控用电设备以外的其他元器件	要了解其他电气器件的位置、主要作用。在图 6-8 所示电路中，主电路除了电动机以外，还有刀开关 QK，它是总电源开关；还有熔断器 FU1，它在电路中起对电路短路时的保护作用
4. 看电源	主要看电源和供电方式，电源电压是交流 380V 还是 220V。是交流供电，还是直流供电。交流供电一般由母线汇流排或配电柜供电，直流电一般由直流发电机直接供电。在图 6-8 所示电路中，电源为 380V 交流三相供电，电源频率为 50Hz



『行』

学以致用，
攻坚克难

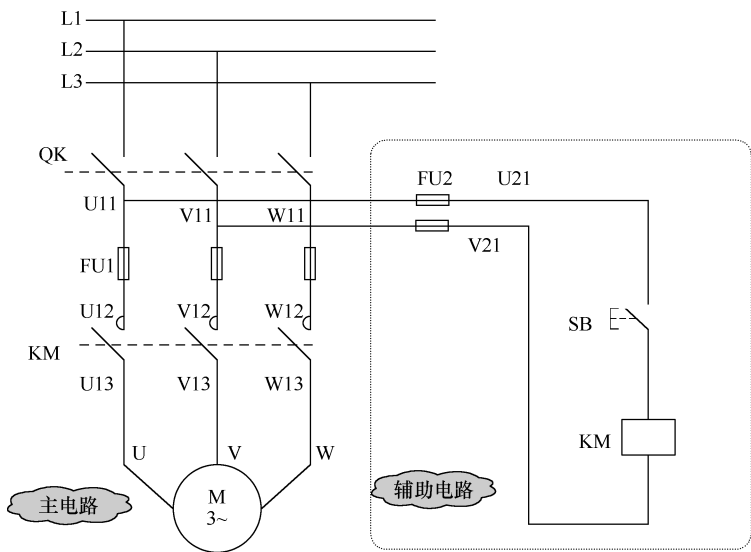


图 6-8 三相异步电动机起动控制电路的电气原理图

【技巧点拨 3】 识读辅助电路的方法与步骤（见表 6-8）

表 6-8 识读辅助电路的方法与步骤

步 骤	方法与要点
1. 看辅助电路电源	要搞清楚辅助电路电源的种类是直流电还是交流电，电源是从什么地方引入的。若是从三相电源的两根相线，则电压为 380V；若是从三相电源的一根相线和一根零线引入，则电压为 220V。若是从控制变压器上引入，常用电压为 36V 等。当辅助电源为直流电时，其电压一般为 24V、12V、6V 等 在图 6-8 所示电路中，辅助电路电源是从主电路熔断器 FU1 的上端引出的，其电压为 308V
2. 看辅助电路中每个控制元器件的主要作用	在电路图中，整个辅助电路可以看成是一个大回环，习惯上称为二次回路。在大回环电路中经常包含有多个小的回路，在每个小回路中有一个或多个控制器件。当某个小回路形成闭合回路时，控制主电路的元器件就有动作发生，它们接通或断开 在图 6-8 所示电路中，辅助电路只有一个回路，在这个回路中有两个熔断器（FU2）、一个按钮开关（SB）、一个交流接触器（KM）三种控制器件。交流接触器是通过其触头控制主电路三相异步电动机的起动或停止；熔断器是对辅助电路起保护作用的；按钮开关是控制交流接触器线圈通/断的控制元器件
3. 看元器件之间的相互关系和作用	电路中元器件之间的相互关系不仅表现在同一回路中，有时还表现在不同的几个回路中，这就是控制电路中的电气连锁。有的器件之间是控制与被控制的关系，有的是相互制约关系，有的是联动关系 在图 6-8 所示电路中，按钮 SB 就是控制交流接触器 KM 线圈通电或断电的器件

【经验分享】 查线看图法的要点

查线看图法的要点如表 6-9 所示。

表 6-9 查线看图法的要点

要 点	要 点 内 容
分析主电路	从主电路入手，根据每台电动机和执行电器的控制要求去分析各电动机和执行电器的控制内容，如电动机的起动、转向控制、调速和制动等基本控制电路
分析控制电路	根据主电路中对电动机和执行电器的控制要求，逐一找出控制电路中的控制环节，将控制电路“化整为零”，按功能不同划分成若干个局部控制电路来进行分析。如果控制电路较为复杂，则可先排除照明、显示等于控制关系不密切的电路，以便集中精力进行分析
分析喜欢、显示电路与照明电路	控制电路中执行元器件的工作状态显示、电源显示、参数测定、故障报警和照明电路等部分，多是由控制电路中的元器件来控制的，因此还要回过头来对照控制电路对这部分电路进行分析
分析联锁与保护环节	生产机械对于安全性、可靠性有很高的要求，实现这些要求，除了合理地选择拖动、控制方案以外，在控制电路中还设置了一系列电气保护和必要的电气联锁。在电气控制电路图的分析过程中，电气联锁与电气保护环节是一个重要内容，不能遗漏
分析特殊控制环节	在某些控制电路中，还设置了一些与主电路、控制电路关系不密切，相对独立的某些特殊环节，如自动调温、计数装置、晶闸管触发等。这些部分往往自成一个小系统，其看图分析的方法可参照上述分析过程，并同时运用其他有关知识如模拟电路、数字电路、传感器控制电路等
总体检查	经过“化整为零”，逐步分析每一局部电路的工作原理及各部分之间的控制关系后，还必须用“集零为整”的方法，检查这个控制电路，看是否有遗漏。特别要从整体角度去进一步检查和理解个控制环节之间的联系，以达到清楚地理解电路图中每个元器件的作用、工作过程及主要参数

6.1.7 从识读常见基本电气控制单元电路开始

电气控制电路根据其控制设备的实际具体要求，具有多种形式，但它们都是在基本控制线路的基础上，附加或变换了其他控制功能而成的，因此，要熟练控制电路的识图，就必须先熟练掌握常见基本电气控制电路。

【基本规定 1】 直流控制电源母线的表示方法

在顺序图中，不是采用电源符号——表示电池或整流器产生的直流电源，而是以具有适当距离的上下排列的横线表示电源导线。一般地，直流控制电源母线如图 6-9a 所示，上侧为正极（+），用字母 P 表示；下侧为负极（-），用字母 N 表示。

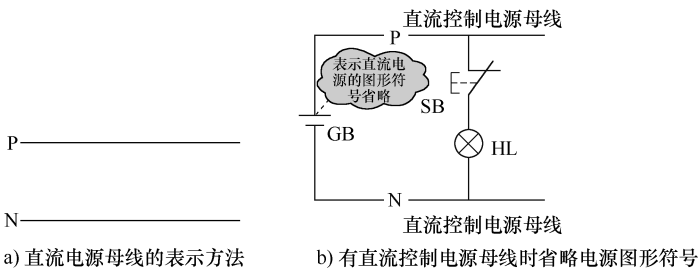


图 6-9 直流控制电源母线的表示方法



『行』

学以致用，
攻坚克难

在该上下行的直流控制电源导线之间，以竖线表示连接各种控制器件的连接，如图 6-9b 所示。上侧是正极母线与下侧的负极母线之间，用连线连接具有常闭触头的按钮开关 SB 与指示灯 HL 时，忽略了直流电源正极 (P+) 与负极 (N-) 极，通过一条连线接通，所以在指示灯中有电流流过，指示灯点亮。

【基本规定 2】 交流控制电源母线的表示方法

在顺序图中，表示交流电源与表示直流电源一样，如图 6-10 所示。在电源导线旁添加表示交流电源的相的 L1、L2、L3 表示交流控制电源母线。在上下的交流控制电源母线之间，以竖线表示连接各种控制器件的连接。

【重要知识点 1】 单台电动机的控制电路识图

1. 单向点动控制电路

图 6-11 所示为单向点动控制电路。

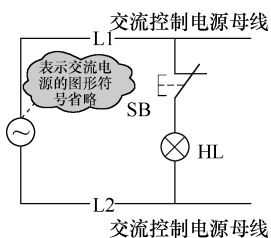
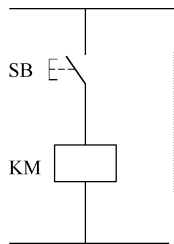


图 6-10 交流控制电源母线的表示方法

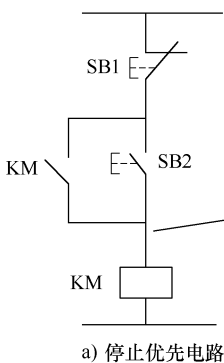


按下点动按钮→接触器KM线圈得电→接触器KM主触头闭合→电动机工作；松开点动按钮→接触器KM线圈失电→接触器KM主触头断开→电动机不工作

图 6-11 单向点动控制电路

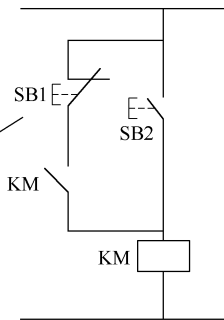
2. 单向起动控制电路

单向起动控制电路如图 6-12 所示。



a) 停止优先电路

按下起动按钮SB2→接触器KM线圈得电→接触器KM主触头闭合、KM辅助触头闭合(自锁)→电动机工作；松开起动按钮，由于自锁触头的作用，使得电动机一直处于单向工作状态。按下停止按钮SB1→接触器KM线圈失电→接触器KM主触头断开、同时自锁触头解锁→电动机不工作。把起动按钮与自锁触头并联的电路一般称为自保控制，该电路是具有自保控制的单向运行控制电路



b) 起动优先电路

停止按钮SB1串联在自保回路中，整个电路的作用原理与图a所示相同，比较这两个电路图，如果同时按下起动、停止按钮，图a所示将无法起动，因而称为停止优先电路；而图b所示仍然可以起动，因而称为启动优先电路

图 6-12 单向起动控制电路



行

学以致用，攻坚克难

3. 点动与单向运行控制电路

点动与单向运行控制电路如图 6-13 所示。

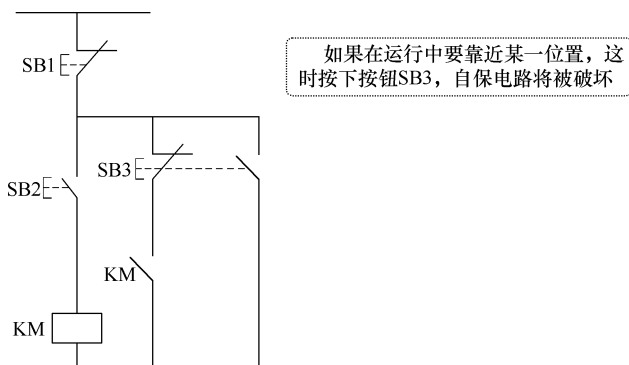


图 6-13 点动与单向运行控制电路

4. 正反转控制电路

正反转控制电路如图 6-14 所示。

【重要知识点 2】 两条及以上电动机的控制电路

1. 条件制约（顺序）控制电路

很多条件下要求两台电动机具有起动和停止顺序的要求，图 6-15 所示的条件制约（顺序）控制电路就能满足这种控制要求。

2. 条件制约（时间）控制电路

图 6-16 所示为条件制约（时间）控制电路。

3. 条件制约（电流）控制电路

图 6-17 所示为条件制约（电流）控制电路。

6.1.8 触头串联电路

1. 常开触头串联电路（AND）的特点

将全部常开触头串联连接的电路称为 AND 电路。只有 AND 电路中开关 SB1 与开关 SB2 都闭合时，电磁线圈 KA 才能有电流通过，故称为“AND”电路。

【工作原理】 AND 电路工作原理

将两个常开触头的按钮开关 SB1、SB2 串联，再与电磁继电器 KM 的电磁线圈回路相连接，如图 6-18 所示。

【拓展电路】 两个继电器常开触头的串联电路

两个继电器常开触头的串联电路如图 6-19 所示。

【重要知识点】 AND 电路工作工作条件

电磁继电器 KM3 的输出 KM3 闭合的条件是输入 KM1 及 KM2 同时闭合。只有当输入条件成立时，输出信号才有信号。这里的条件称为 AND 条件。

2. 常闭触头串联电路（NOR）的特点

多数常闭触头串联时，当其中任何一个常闭触头动作时，电路都不能导通。将常闭触头的按钮开关 SB1、SB2 串联，再与电磁继电器 KM 的线圈相连接，如图 6-20 所示。



『行』

学以致用，
攻坚克难

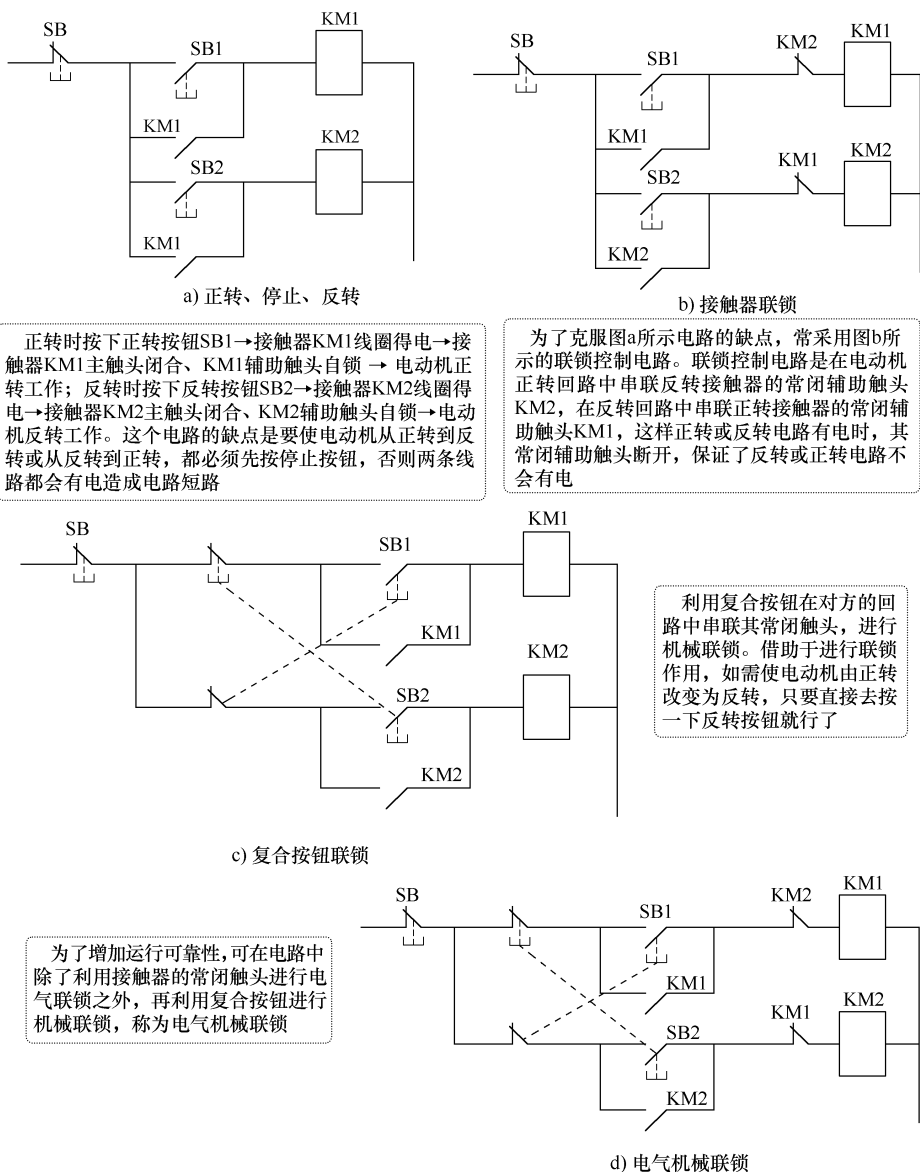


图 6-14 正反转控制电路

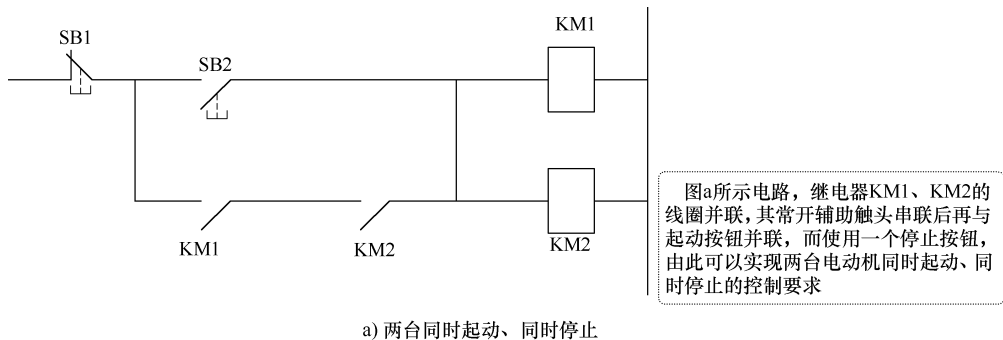
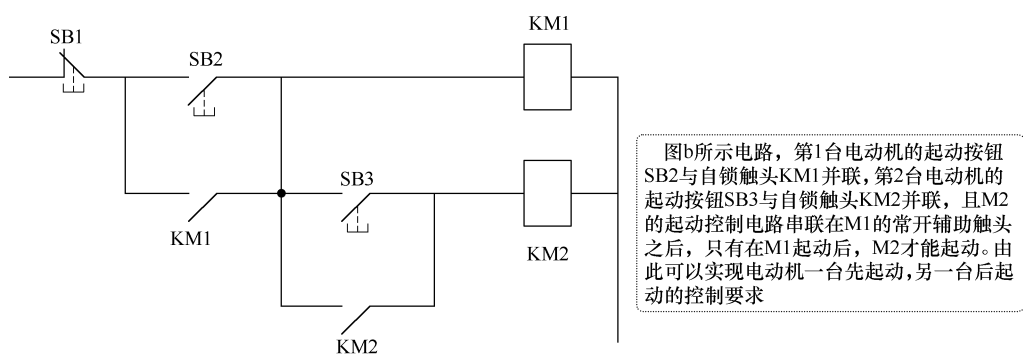


图 6-15 条件制约（顺序）控制电路

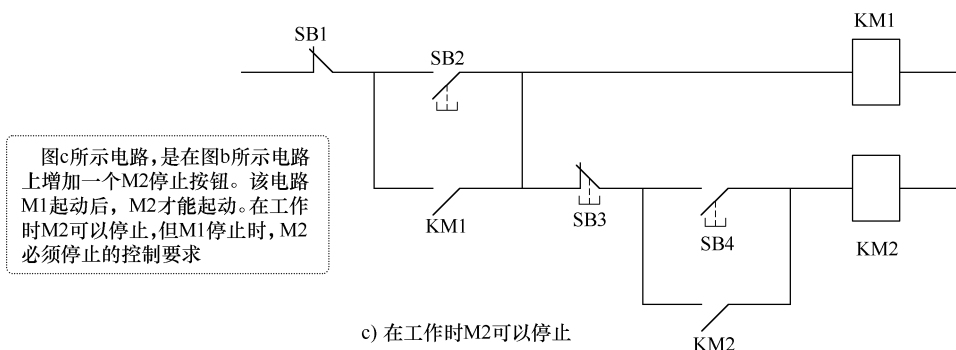


『行』

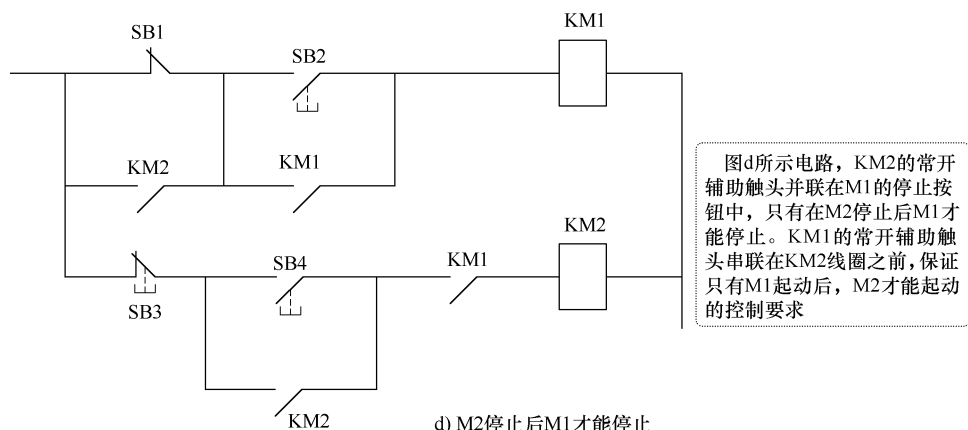
学以致用，攻坚克难



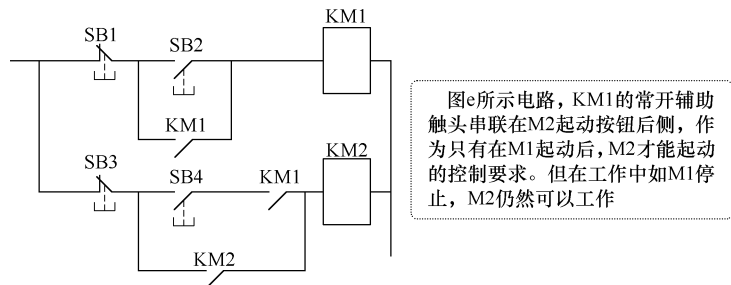
b) 一台先启动，另一台后启动



c) 在工作时M2可以停止



d) M2停止后M1才能停止



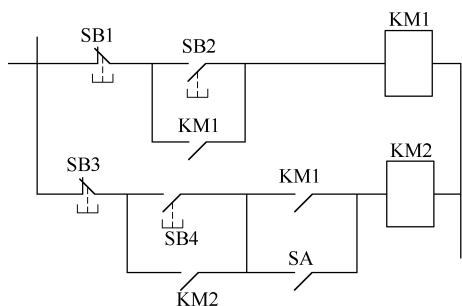
e) 工作中M1停止M2仍然可以工作

图 6-15 条件制约（顺序）控制电路（续）



『行』

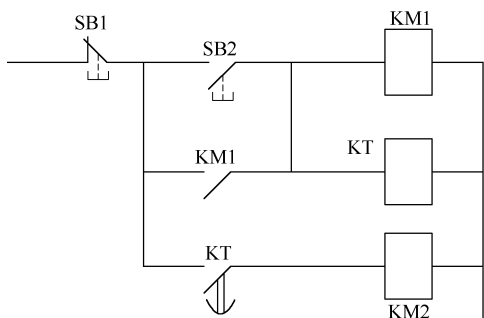
——学以致用，攻坚克难



图f所示电路, 开关SA与KM1的常闭辅助触头并联, 作为M2起动的条件, 当SA断开时, 作用与图e所示相同。当SA闭合时KM1的作用失效, 两台电动机可不受约束任意起停

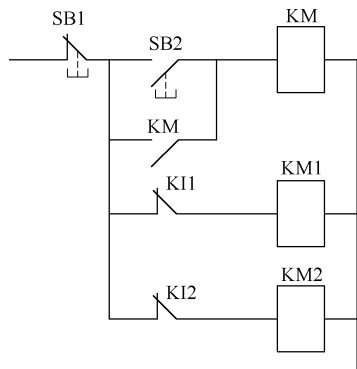
f) 两台电动机可不受约束任意起停

图 6-15 条件制约 (顺序) 控制电路 (续)



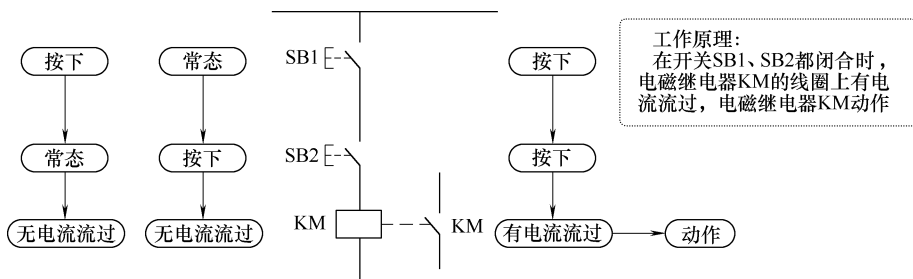
延时继电器KT的线圈与KM1线圈并联, 只有在KM1得电后并经过延时, KM2才能得电, 保证两台电动机起动顺序

图 6-16 条件制约 (时间) 控制电路



利用欠电流继电器KI1、KI2的常闭触头控制继电器KM1、KM2的线圈, 并且KM2的控制电路接在KI1的后侧, 这样只有在KI1闭合后, KI2才能工作, 保证KM、KM1、KM2依次工作的顺序

图 6-17 条件制约 (电流) 控制电路



工作原理:
在开关SB1、SB2都闭合时, 电磁继电器KM的线圈上有电流流过, 电磁继电器KM动作

图 6-18 AND 电路工作原理



『行』

——学以致用, 攻坚克难

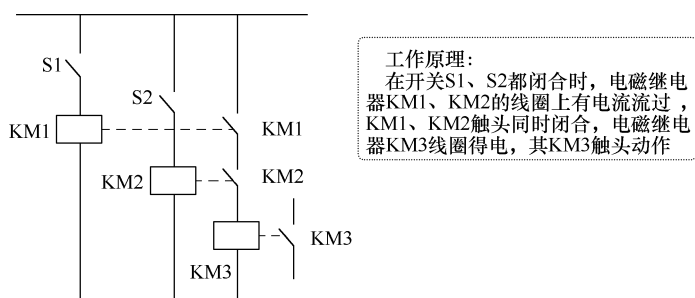


图 6-19 两个继电器常开触头的串联电路

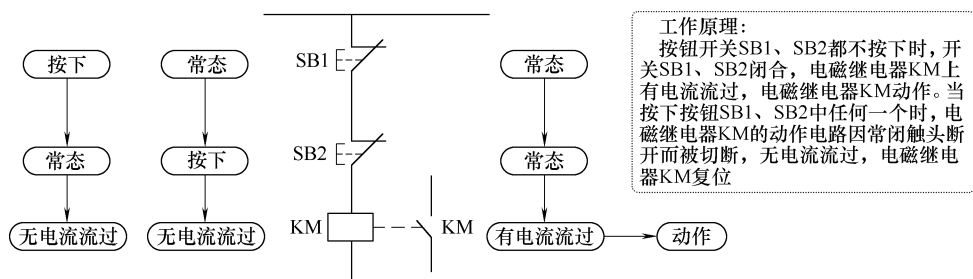


图 6-20 常闭触头串联电路 (NOR)

【拓展电路】 两个继电器常闭触头的串联电路

两个继电器常闭触头的串联电路如图 6-21 所示。

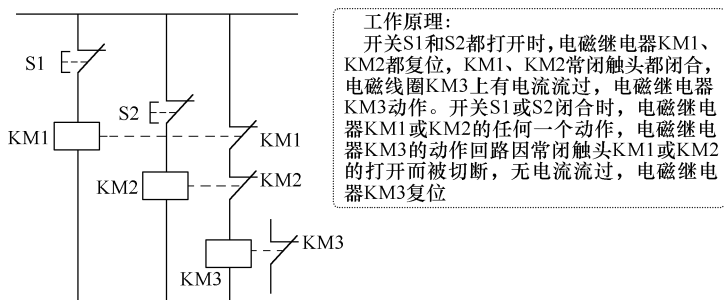


图 6-21 两个继电器常闭触头的串联电路

3. 常开触头、常闭触头串联电路的特点

在常开触头和常闭触头相串联的电路中，但常开触头动作闭合，常闭触头常态时，电路导通。将常开触头的按钮开关 SB1 和常闭触头的按钮开关 SB2 相串联，再与电磁继电器 KM 的电磁线圈相连接，如图 6-22 所示。

【重要提醒】 禁止电路

常开触头和常闭触头相串联的电路，即使输入信号的常开触头动作闭合，若此时常闭触头也动作，则线圈回路也为开路，使电磁继电器 KM 复位，输出触头打开而无输出信号。因此，常闭触头的输入信号称为禁止输入，这种电路也成为禁止电路。



行

学以致用，
攻坚克难

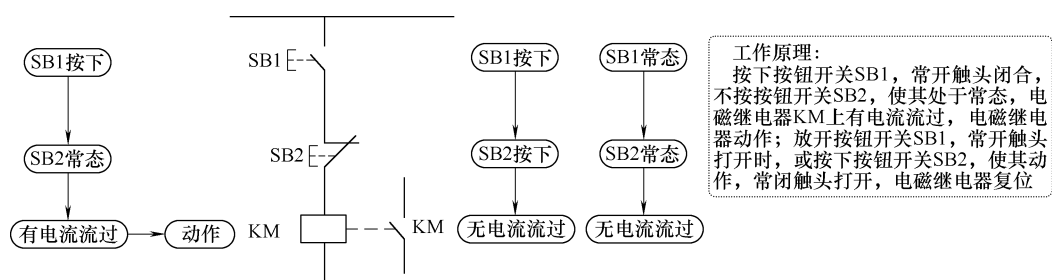


图 6-22 常开触头、常闭触头串联电路

6.1.9 触头并联电路

1. 常开触头并联电路（OR）的特点

多数常开触头并联连接的电路称为 **OR 电路**。在 OR 电路中，当按钮 SB1 或 SB2 至少有一个为闭合时，电磁继电器 KM 动作，故称为“OR”电路。

【工作原理】 OR 电路工作原理

多数常开触头并联的电路，当任何一个或多个常开触头动作时，就会形成回路而导通。将两个常开触头的按钮开关 SB1、SB2 并联，再与电磁继电器 KM 的电磁线圈回路相连接，如图 6-23 所示。

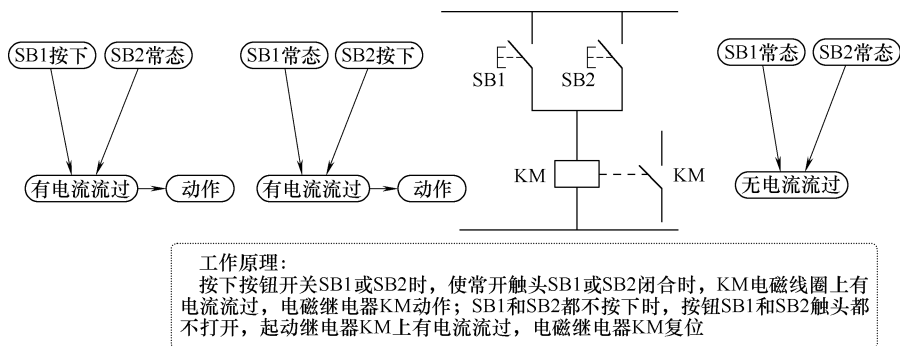


图 6-23 OR 电路工作原理

【工作条件】 电磁继电器 KM 的输出常开触头闭合的条件是输入按钮 SB1 或 SB2 闭合。这种输入条件中有一个或多个成立时，输出就有信号的电路称为 OR 电路。

【拓展电路】 两个继电器常开触头的并联电路

两个继电器常开触头的并联电路如图 6-24 所示。

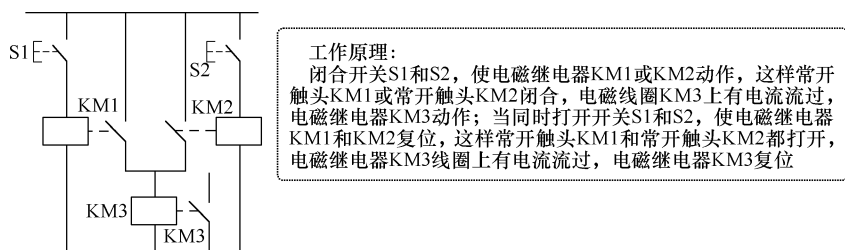


图 6-24 两个继电器常开触头的并联电路



『行』

学以致用，攻坚克难

2. 常闭触头并联电路（NAND）的特点

多数的常闭触头相并联的电路，只有当全部的常闭触头都动作时，电路才不导通。将常闭触头的按钮开关 SB1 和 SB2 并联，再与电磁继电器 KM 的电磁线圈连接，如图 6-25 所示。

【工作原理】 NAND 电路工作原理

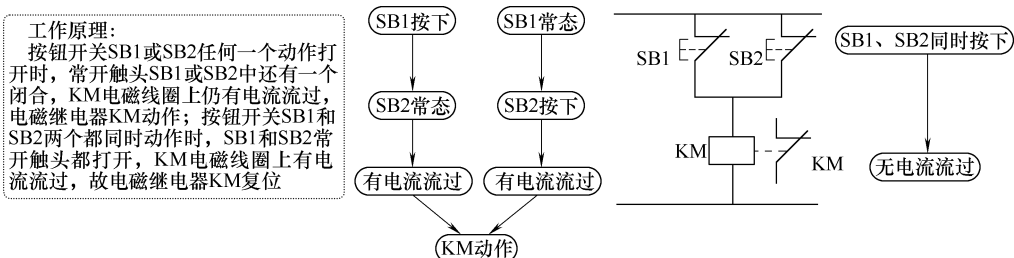


图 6-25 常闭触头并联电路（NAND）

【拓展电路】 两个继电器常闭触头的并联电路

两个继电器常闭触头的并联电路如图 6-26 所示。

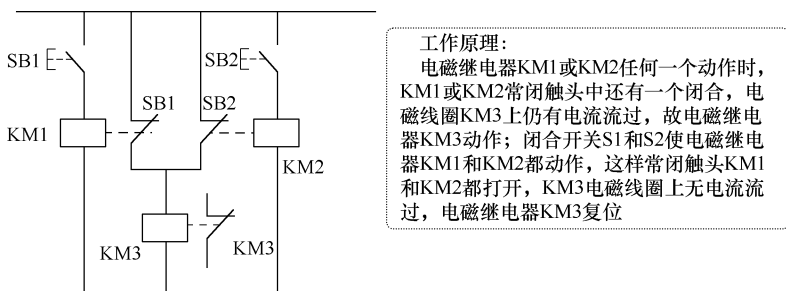


图 6-26 两个继电器常闭触头的并联电路

6.2 低压电器控制电路识图

6.2.1 三相异步电动机的手动正转控制电路识图

【工作原理】 三相异步电动机的手动正转控制电路

三相异步电动机的手动正转控制电路如图 6-27 所示。

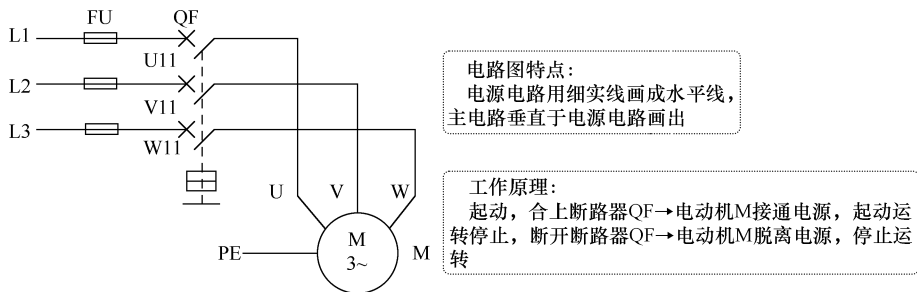


图 6-27 三相异步电动机的手动正转控制电路



『行』

——学以致用，攻坚克难

【布置图】 三相异步电动机的手动正转控制电路

三相异步电动机手动正转控制电路布置图如图 6-28 所示。

【接线图】 三相异步电动机的手动正转控制电路

三相异步电动机的手动正转控制电路接线图如图 6-29 所示。

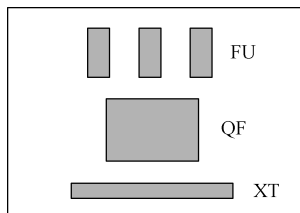


图 6-28 三相异步电动机手动正转控制电路布置图

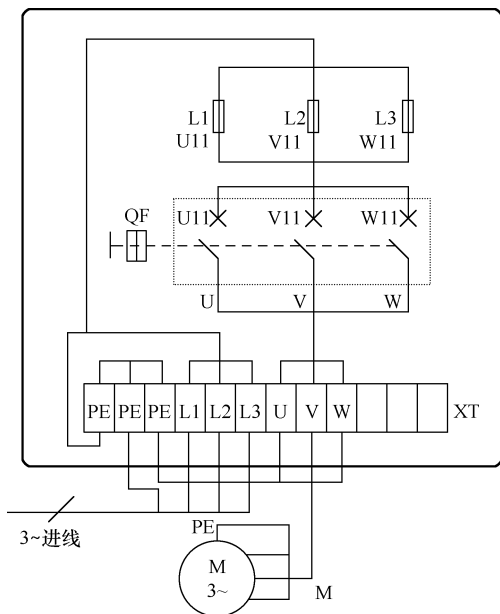


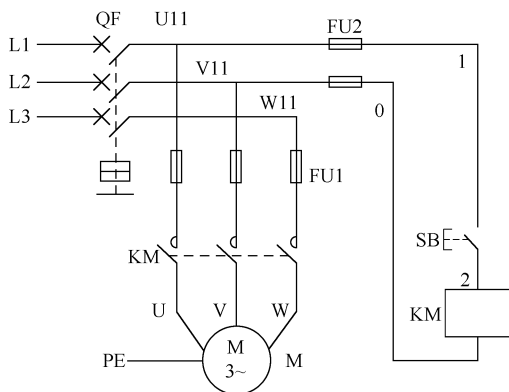
图 6-29 三相异步电动机的手动正转控制电路接线图

6.2.2 三相异步电动机点动正转控制电路识图

按下按钮电动机就得电运转，松开按钮电动机就失电停转的控制方法，称为点动控制。

【工作原理】 三相异步电动机点动正转控制电路

三相异步电动机点动正转控制电路图如图 6-30 所示。



电路组成：
三相交流电源L1、L2、L3与断路器QF组成电源电路；熔断器FU1、接触器KM主触头和电动机组成主电路；熔断器FU2、启动按钮SB和接触器KM线圈组成控制电路

工作原理：
先合上断路器QF
起动，按下启动按钮SB→接触器KM线圈得电→KM主触头闭合→电动机得电而工作
停止，松开启动按钮SB→接触器KM线圈失电→KM主触头断开→电动机失电而停止工作

图 6-30 三相异步电动机点动正转控制电路图

【布置图】 三相异步电动机点动正转控制电路布置图

三相异步电动机点动正转控制电路布置图如图 6-31 所示。

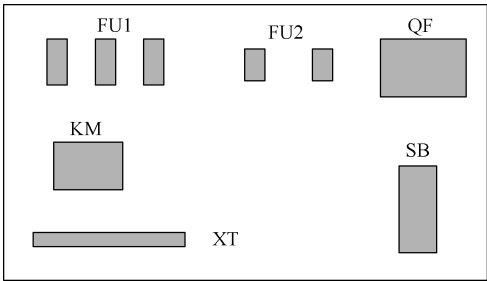


图 6-31 三相异步电动机点动正转控制电路布置图

【接线图】 三相异步电动机点动正转控制电路接线图

三相异步电动机点动正转控制电路接线图如图 6-32 所示。

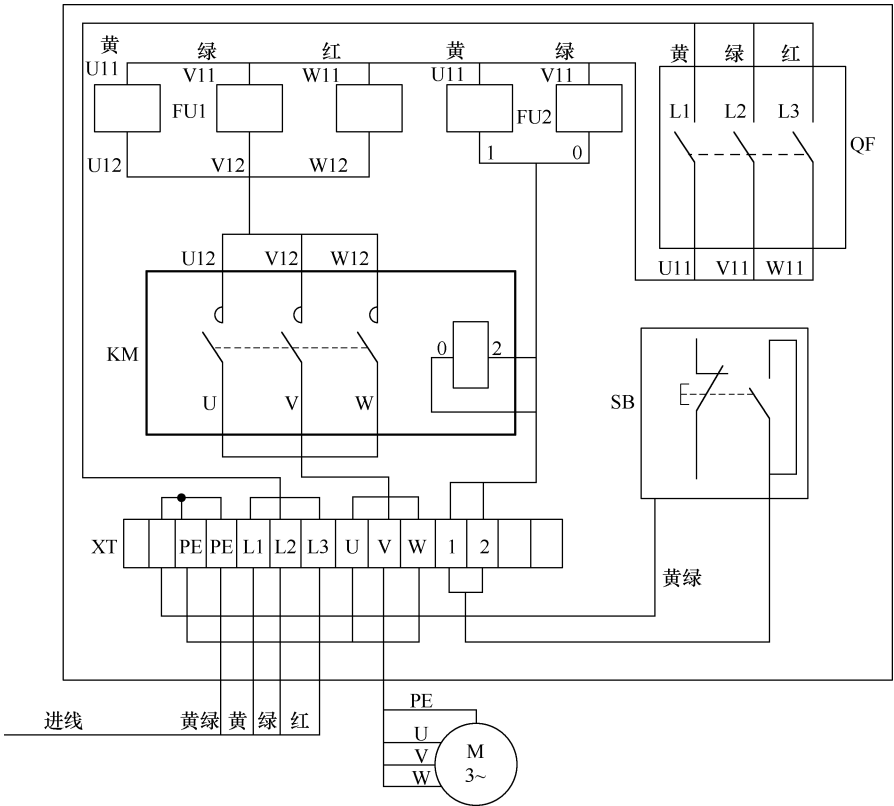


图 6-32 三相异步电动机点动正转控制电路接线图



『行』

——学以致用，攻坚克难

6.2.3 异步电动机自锁正转控制电路识图

【需要了解】 专业术语及含义

1. 自锁、自锁触头

当起动按钮松开后，接触器通过自身的辅助常开触头使其线圈保持得电的作用叫作自锁。与起动按钮并联起自锁作用的辅助常开触头叫做自锁触头。

2. 欠电压、欠电压保护

欠电压是指电路电压低于电动机应加的额定电压。欠电压保护是指当电路电压下降到某一数值时，电动机能自动脱离电源停转，避免电动机在欠电压下运行的一种保护。

电动机运行时当电源电压下降，电动机的电流就会上升，电压下降严重，可能烧坏电动机，在具有自锁的控制电路中，当电动机旋转时，电源电压降低（一般在工作电压的85%以下），接触器线圈的磁通则变得较弱，电磁吸力不足，自锁触头断开，失去自锁，同时主触头也断开，电动机停转，得到了保护。

3. 失电压（或零电压）保护

失电压保护是指电动机在正常运行中，由于外界某种原因引起突然断电时，能自动切断电动机电源；当重新供电时，保证电动机不能自动起动的一种保护。

电动机运行时，遇到了电源临时停电，在恢复供电时，如果未加防范措施而让电动机自行起动，很容易造成设备人身事故。采用自锁控制的电路，由于自锁触头和主触头在停电时已一起断开，所以在恢复供电时，控制电路和主电路都不会自行接通，如果没有按下按钮，电动机就不会自行起动。

【工作原理】 异步电动机自锁正转控制电路

异步电动机自锁正转控制电路如图 6-33 所示。

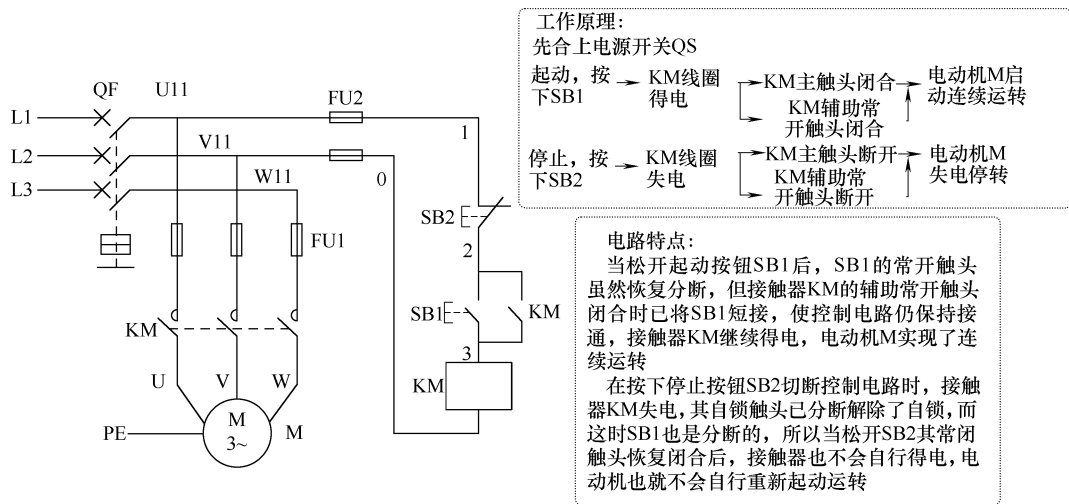


图 6-33 异步电动机自锁正转控制电路

【布置图】 异步电动机自锁正转控制电路布置图如图 6-34 所示。

【接线图】 异步电动机自锁正转控制电路接线图

异步电动机自锁正转控制电路接线图如图 6-35 所示。

【拓展电路】 具有过载保护的自锁正转控制

过载保护是指当电动机出现过载时，能自动切断电动机的电源，使电动机停转的一种

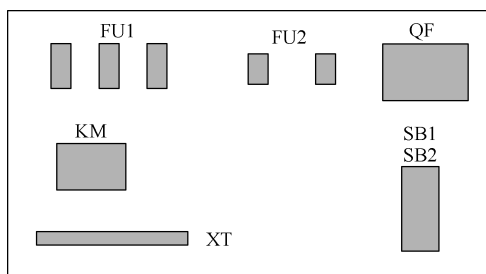


图 6-34 异步电动机自锁正转控制电路布置图

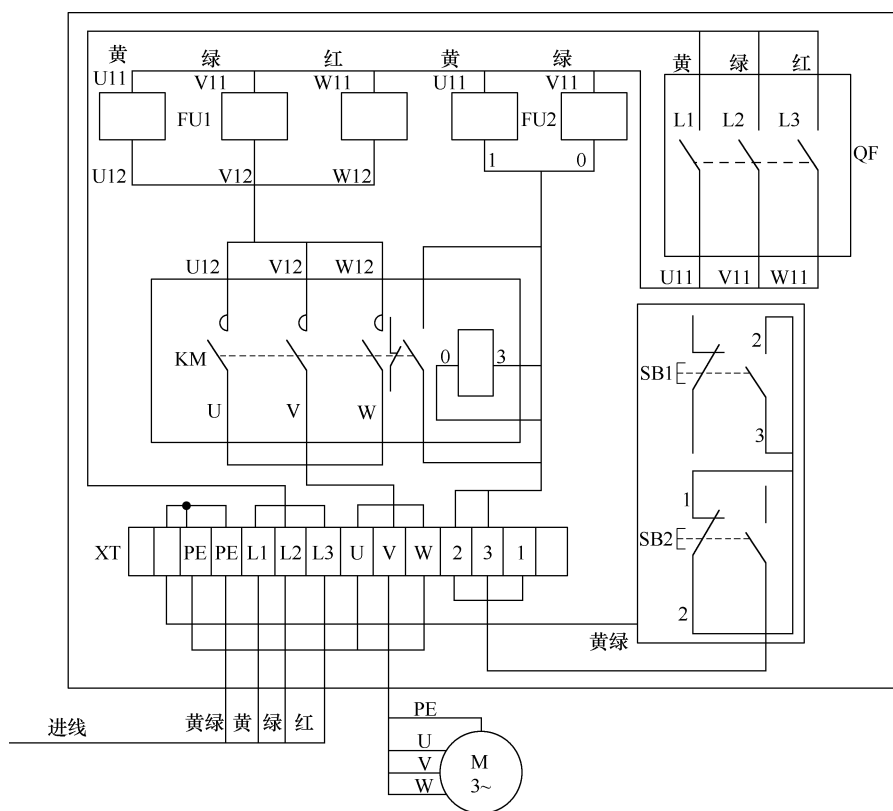


图 6-35 异步电动机自锁正转控制电路接线图

保护。

电动机控制电路中，最常用的过载保护电器是热继电器，它的热元件串联在三相主电路中，常闭触头串联在控制电路中。具有过载保护的自锁正转控制电路如图 6-36 所示，工作原理可参考前面的接触器自锁正转控制电路。

6.2.4 三相异步电动机正、反转控制电路识图

【需要了解】 正反转及正反转原理

有的生产机械往往要求实现正反两个方向的运动，如机床工作台需要前进与后退；起重



『行』

——学以致用，攻坚克难

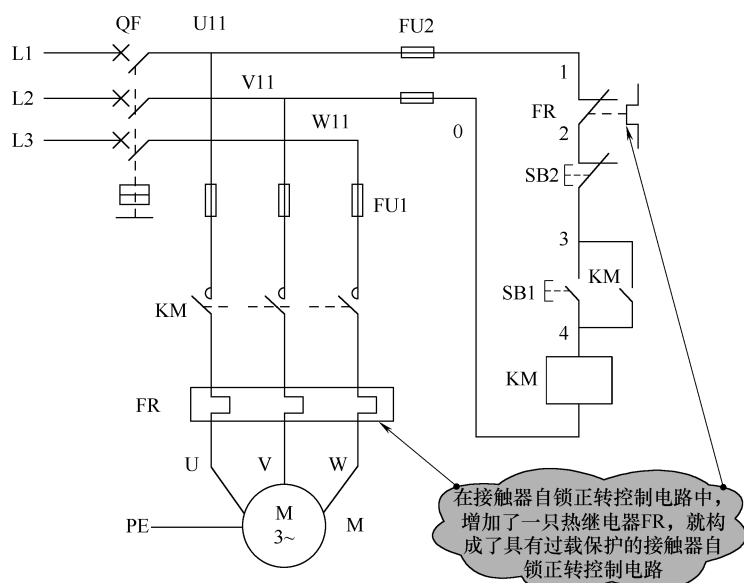


图 6-36 具有过载保护的自锁正转控制电路

机的吊钩需要上升与下降等，这就要求电动机可以正反转。由电工学可知，若将接至交流电动机的三相电源进线中任意两相接线对调，即可进线反转。

1. 倒顺开关正反转控制电路

【关键元件】 倒顺开关

倒顺开关的组合开关的一种，也称为可逆转换开关。开关的手柄有“倒”“停”“顺”三个位置，手柄只能从“停”的位置左转或右转 45°，其外形和图形符号如图 6-37 所示。

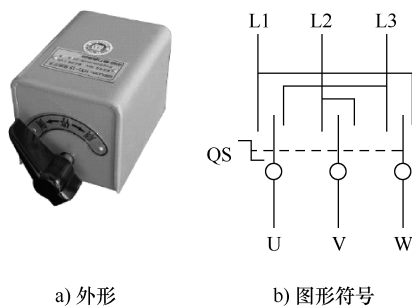


图 6-37 倒顺开关外形和图形符号

【工作原理】 倒顺开关正反转控制电路

倒顺开关正反转控制电路如图 6-38 所示。

2. 接触器联锁的正反转控制电路

【需要了解】 接触器联锁

在一个接触器得电动作时，通过其辅助常闭触头使另一个接触器不能得电动作的作用叫做互锁或联锁，而这两对其互锁作用的触头称为互锁触头。

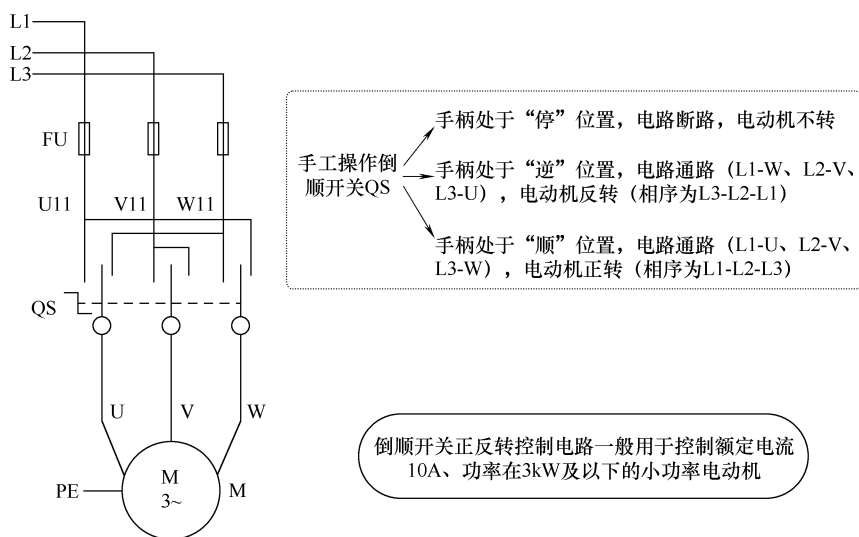


图 6-38 倒顺开关正反转控制电路

【工作原理】 接触器联锁的正、反转控制电路

接触器联锁的正、反转控制电路原理图如图 6-39 所示。

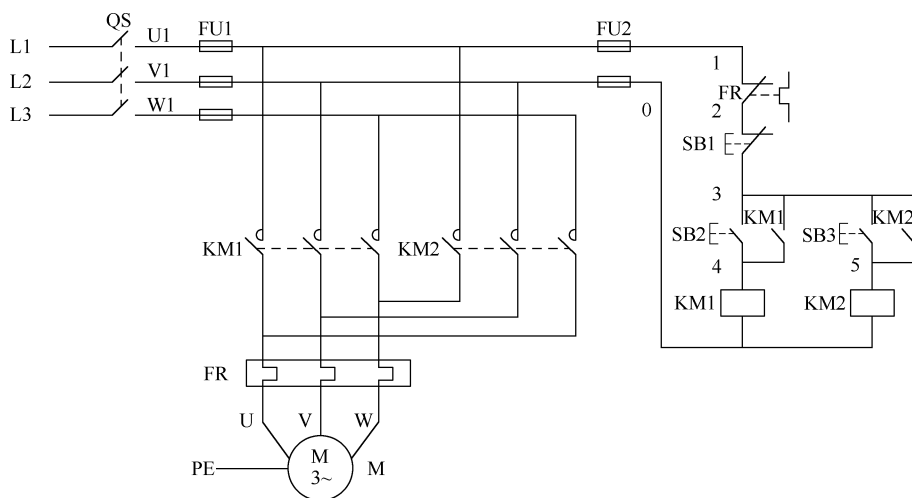


图 6-39 接触器联锁的正、反转控制电路

接触器联锁的正、反转控制电路原理如下：

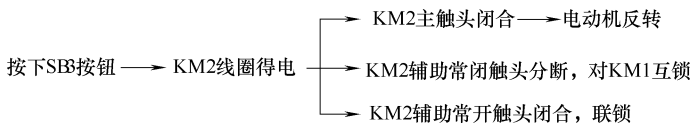
正转起动：



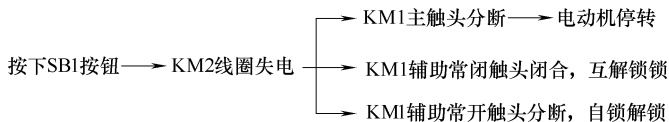
『行』

—— 学以致用，攻坚克难

反转：



停止：



【重要提醒】 正反转转换时

该电路的缺点：电动机从正转转变为反转时，必须先按下停止按钮后，才能按反转按钮，否则由于接触器的联锁作用，不能实现反转。

【接线图】 接触器联锁的正反转控制电路接线图

接触器联锁的正反转控制电路接线图如图 6-40 所示。

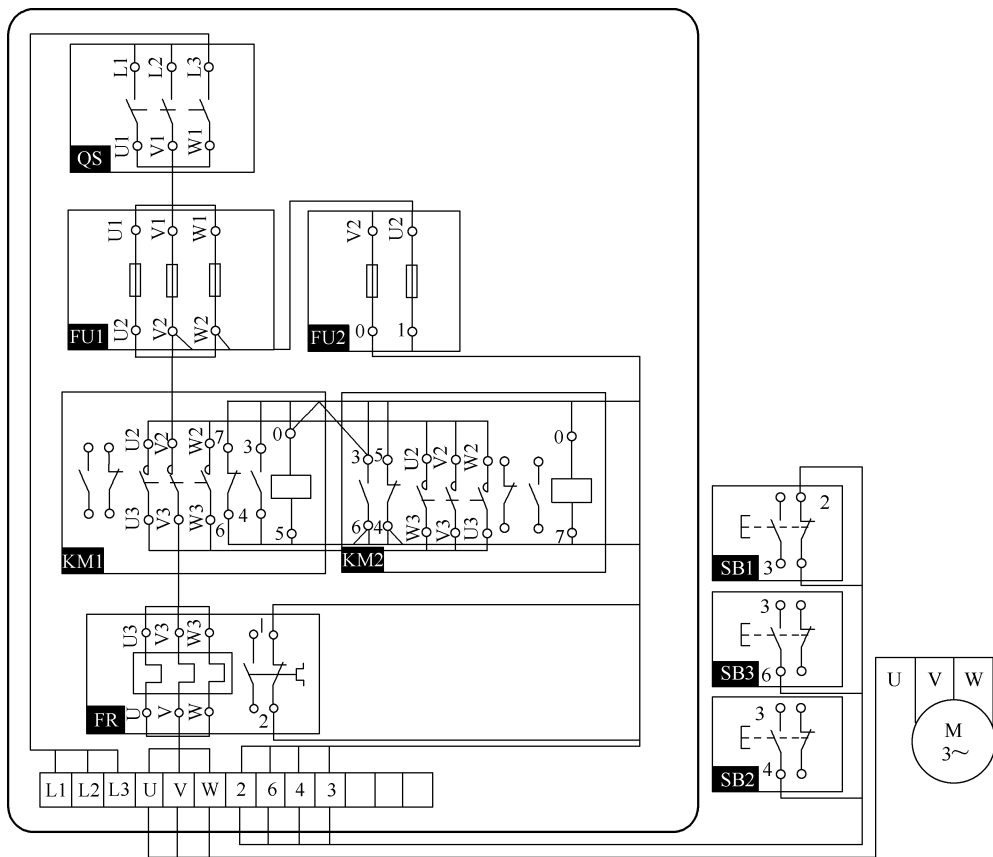


图 6-40 接触器联锁的正反转控制电路接线图



『行』

——学以致用，攻坚克难

3. 按钮联锁的正、反转控制电路

为了克服接触器联锁正反转控制电路操作不便的缺点,把正转按钮 SB1 和反转按钮 SB2 换成两个复合按钮,并使两个复合按钮的常闭触头代替接触器的联锁触头,就构成了按钮联锁的正反转控制电路,其电路简图如图 6-41 所示。

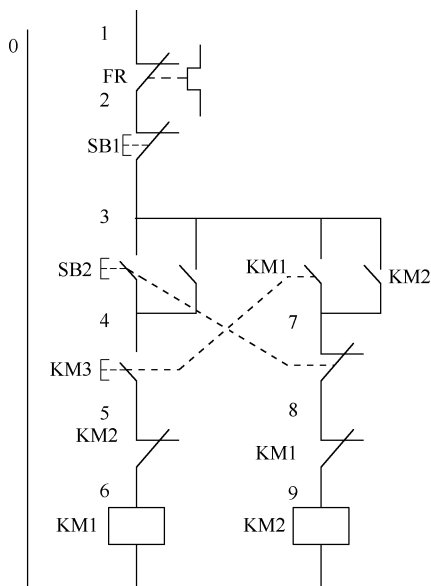


图 6-41 按钮联锁正、反转控制电路简图

6.3 电动机控制电路接线图识图

6.3.1 线束法安装接线图识图

图 6-42 所示为接触器互锁的电动机正、反转控制电路原理图;图 6-43 所示是其线束法安装接线图。

1. 主回路

电源进线经过端子排上标号为 L1、L2、L3 的三个进线端子接至低压电压开关 QS,再经过熔断器 FU1、接触器 KM1 或 KM2 主触头、热元件 FR 及端子排上标号为 U、V、W 的三个进线端子后引至电动机 M 的进线端。

2. 控制回路

控制回路导线数较多,一般采用逐个回路分别阅读的分析方法读图。该电路正反转控制电路有正反两个主要控制回路,下面以正转接触器 KM1 接线为例接线分析,反转回路原理及分析方法类似。

从熔断器 FU1 的 U2 输出引至熔断器 FU2 的 U2 标号端,经过熔断器后标号变为 1 号,1 号线引至热继电器 FR 的常闭触头,经过该常闭触头后标号变为 2 号,2 号线引至接线排的 2 号接线端子上,经该接线端子引至停止按钮 SB1 常闭触头的 2 号接线端子上,经过该触



『行』

学以致用，
攻坚克难

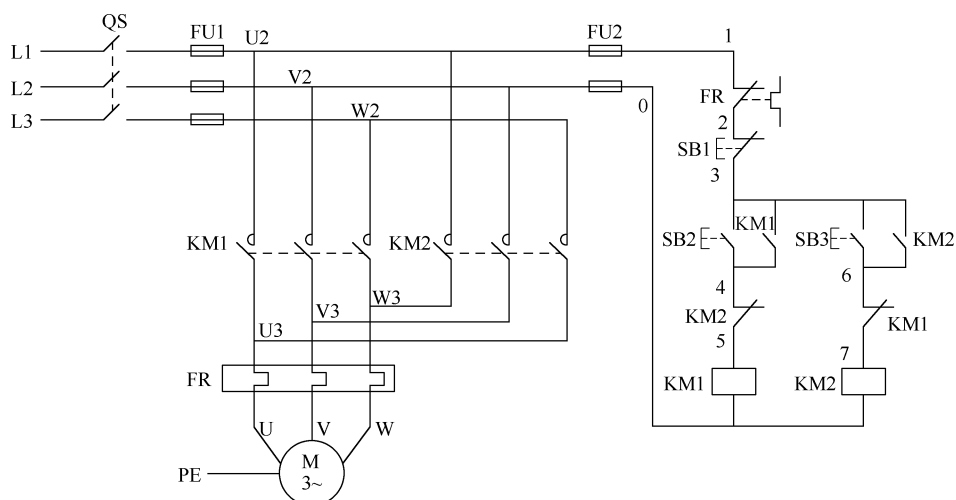


图 6-42 接触器互锁的电动机正、反转电路原理图

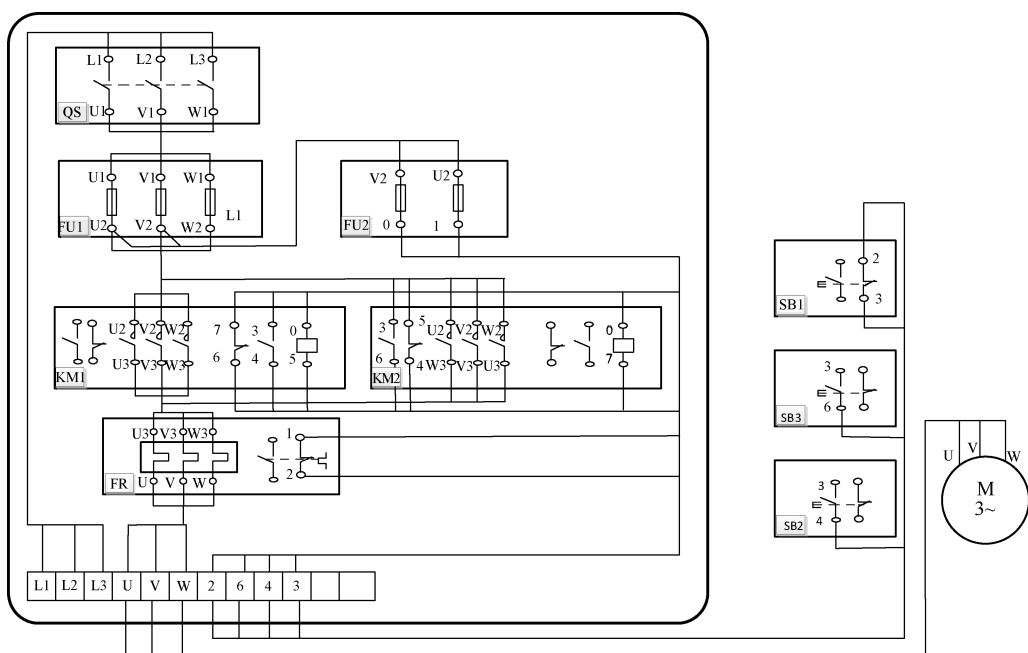


图 6-43 电动机正、反转线束法安装接线图

头后标号变为 3 号，3 号线后分成 2 条支路：一路引至到正转 SB3、反转 SB2 的 3 号端子上；另一路引至到继电器 KM1、KM2 的 3 号端子上。SB2 的另一端标号是 4 号，该 4 号线经过插排 4 号引至接触器 KM1 常闭触头的 4 号上（形成与 SB2 并联、自锁），同时该 4 号线也引至继电器 KM2 的辅助常闭触头的 4 号线上，经过常闭触头 KM2 标号变为 5 号，5 号线引至继电器 KM1 的线圈 5 号端子上，经过 KM1 线圈标号变为 0 号，0 号线引至熔断器 FU2 的 0 号线端子，从而形成了一个回路。

SB3 的另一端标号是 6 号, 该 6 号线经过插排 6 号引至接触器 KM1 常闭触头的 6 号上 (形成与 SB3 并联、自锁), 同时该 6 号线也引至继电器 KM1 的辅助常闭触头的 6 号线上, 经过常闭触头 KM2 标号变为 7 号, 7 号线引至继电器 KM2 的线圈 7 号端子上, 经过 KM1 线圈标号变为 0 号, 0 号线引至熔断器 FU2 的 0 号线端子, 从而形成了另一个回路。

【重要知识点】 线束法表示安装接线图的特点

- 1) 主辅电路分别采用不同的线束表示, 主电路用粗实线, 辅助电路用细实线。每一线束标注导线数、型号和截面积, 以及导线的敷设方式和穿管导线的型号规格。
- 2) 线束两端及中间分支出去的每一根与元器件相连的导线均应在接线端子处标号, 同一端导线的标号相同且与电路图上的标号相同。
- 3) 端子排上的端子标号应与经过此端子的导线标号相同。
- 4) 线束法表示的安装图中, 用一根线代替一束线, 这与实际布线时走线相同的线绑扎一束布线的情况相似, 图中还标出了导线及穿管型号规格, 为安装接线创造了一定条件, 但对每根线的来龙去脉表现得不够明显, 在元器件相对较多时也不能表达清晰。

6.3.2 散线法安装接线图识图

散线法是相对于线束法而言的, 在这类安装图上, 元器件之间的连线是按照导线的走向逐根绘制的, 其他方面与线束法相同, 图 6-44 所示是图 6-42 所示电路的散线法安装接线图。

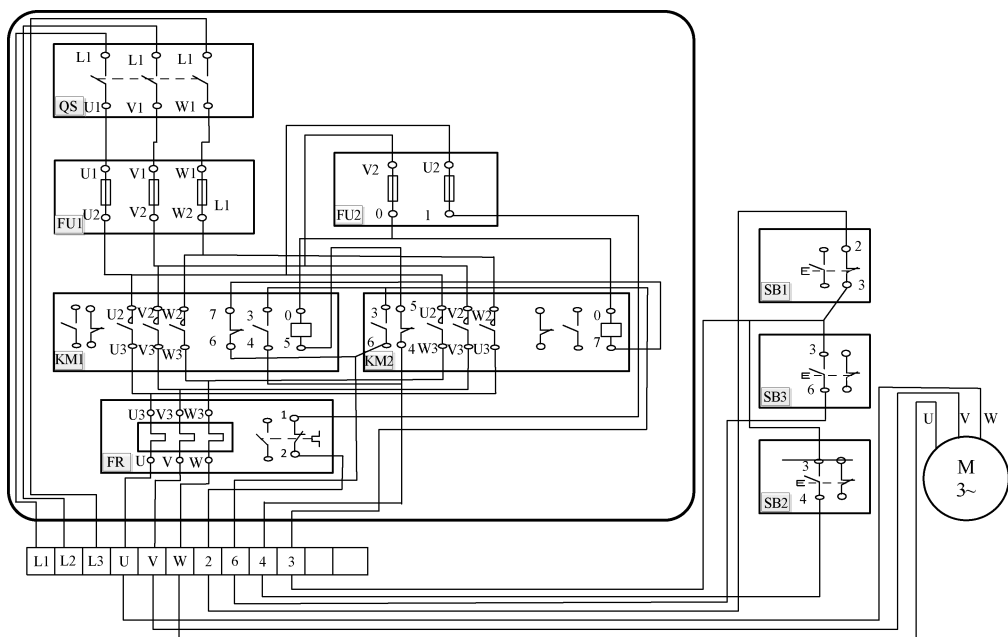


图 6-44 电动机正、反转电路散线法安装接线图

【重要知识点】 散线法表示安装接线图的特点

如图 6-44 所示, 采用散线法表示的安装图能更清楚地反映出线路中各元件的连接关系, 但线条数目明显增加, 因此这种表示方法不适用于绘制复杂线路。散线法表示的安装接线图



行

学以致用，攻坚克难

最接近实际，适用于元器件较少的简单控制电路。

6.3.3 相对编号法安装接线图识图

图 6-45 所示是图 6-42 所示控制电路相对编号法安装接线图。

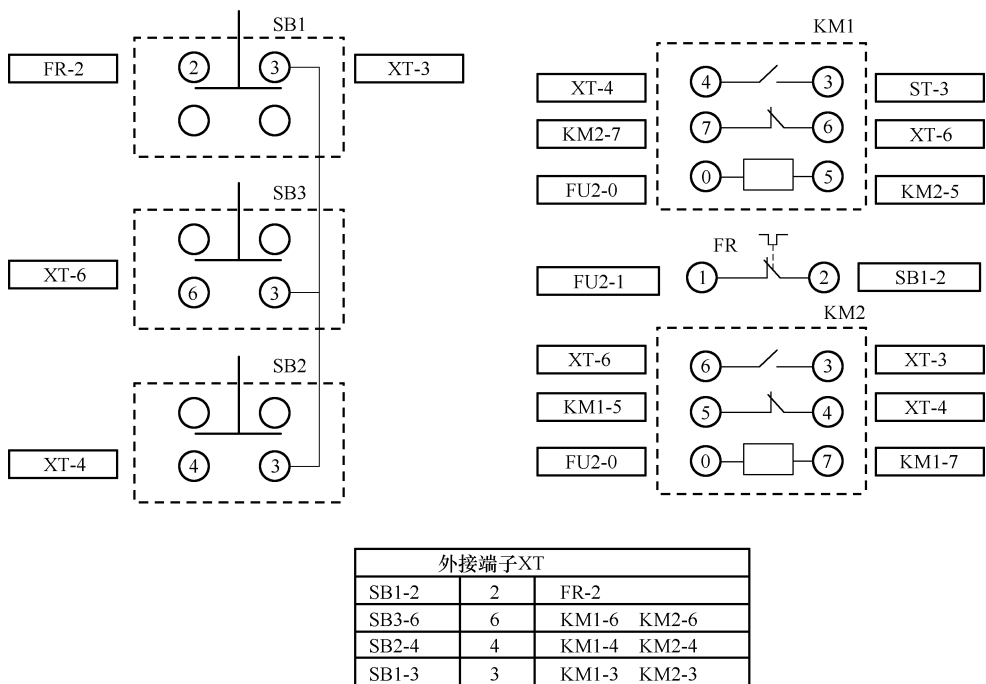


图 6-45 电动机正、反转控制电路相对编号法安装接线图

【重要知识点】 相对编号法表示安装接线图的特点

采用相对编号法表示的安装接线图有如下特点：

- 1) 相对编号法安装图表现元器件之间的接线情况最为清楚，便于接线和查线，但对线路走向无明确表示，不直观。
- 2) 元器件采用与电路图一致的符号标志，符号标志标注在表示元件的框线内或框线外的一侧。
- 3) 元器件的接线端子和端子排的接线端子按元件、端子排的接线端子间连接编号。

6.3.4 电气安装接线图识图

电气安装图（接线图）是以电路图为依据绘制的，因此，要对照电路图来看接线图。

【技巧点拨】 电气安装接线图的识读方法

- 1) 看接线图时，要先看主电路，再看控制电路。根据端子标志、回路标号，从电源端顺次查下去，搞清楚线路的走向和电路的连接方法，即搞清楚每个元器件是如何通过连线构成闭合回路的。
- 2) 看主电路时，从电源输入端开始，顺次经过控制元器件、保护元器件和线路到用电设备。

3) 看控制电路，要从电源的一端到电源的另一端，按元器件的顺序对每个回路进行分析。接线图中的回路标号（线号）是电气元件间导线连接的标记，标号相同的导线原则上都可以接在一起。

4) 由于接线图多采用单线表示，因此对导线走向应加以辨别。此外，还要搞清端子板内外电路的连接情况，内外电路的相同标号导线要接在端子板的同号触头上。

6.4 机床电气控制电路识图

6.4.1 机床电气控制电路识图要点

机床电气控制电路识图要点如表 6-10 所示。

表 6-10 机床电气控制电路识图要点

先要了解机床的特点	首先要了解机床的主要结构、运动方式、主要技术性能，液压气动传动系统的工作原理、机械设备对电气控制系统的要求
分析主电路	了解各电动机的用途、传动方案、采用控制方法及工作状态
分析主令信号的控制要求	根据电路或执行元件控制电路中所采用的接触器等元件线圈的控制电路，分析其主令信号所达到的控制要求
了解主令电器的功能	了解各主令电器（如操作手柄、开关、按钮等）在电路中的功能和操作方式，以及用那些电路环节实现保护、联锁、信号指示和照明等电路控制
阅读与总结	按工艺过程、各种工作方式，分析阅读整个控制电路工作过程，并总结出各类机床电气控制的特点、规律，以期达到举一反三的目的

分析电路时，应将电路分解成基本环节（即化整为零），然后再一个个对基本环节进行分析，最后再集零为整，达到对整个电气控制系统的理解。

6.4.2 组合机床控制电路的基本环节

1. 多台电动机同时起动的控制电路

组合机床通常是多刀、多面同时对工件进行加工的，这样就要求多台电动机同时起动，而且要求这些电动机能单独调整。

【工作原理】 三台电动机同时起动控制电路

三台电动机同时起动控制电路如图 6-46 所示。

2. 两台动力头同时起动与停机的控制电路

【工作原理】 两台动力头同时起动与停机的控制电路

两台动力头加工时间相差不大、辅助时间较长时，为了装卸工件的安全和操作方便，可使流过动力头电动机同时起动、同时停机。图 6-47 所示为两台动力头同时启动与停机的控制电路。



『行』

学以致用，
攻坚克难

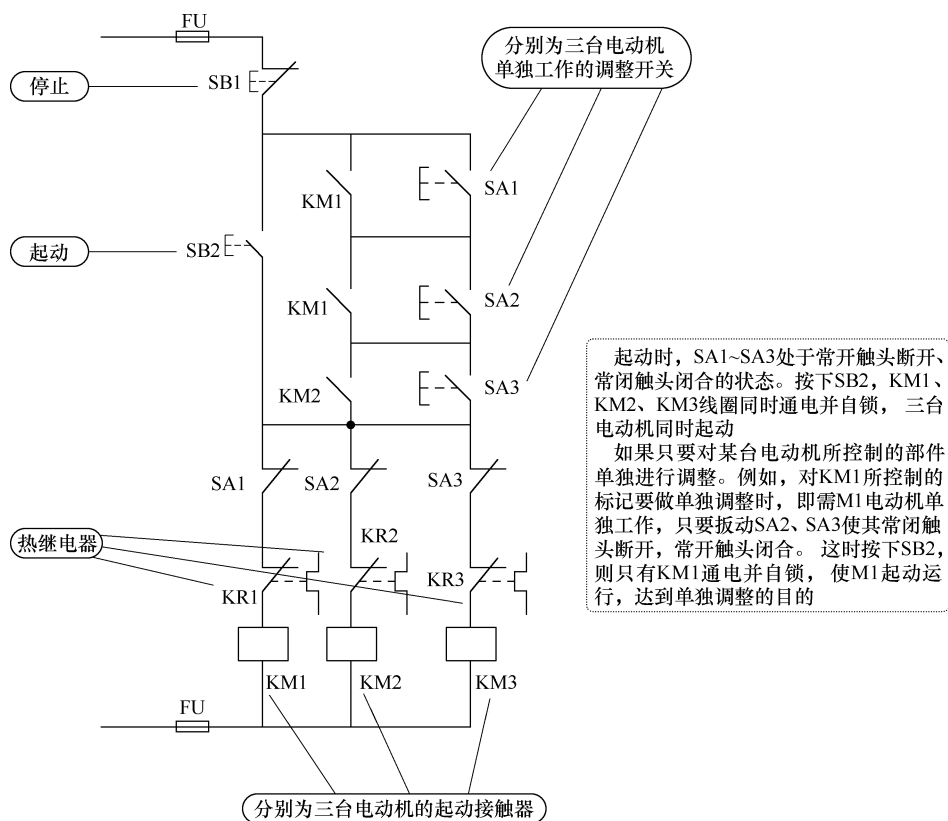


图 6-46 三台电动机同时启动控制电路

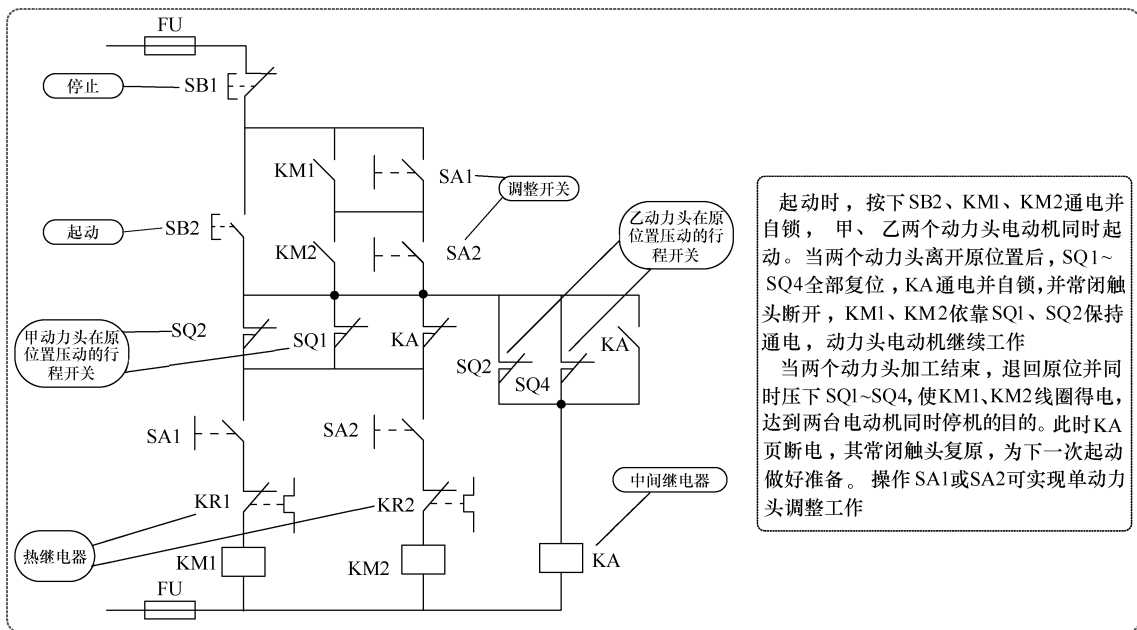


图 6-47 两台动力头同时启动与停机的控制电路



『行』

学以致用，攻坚克难

3. 两台动力头电动机同时起动、分别停机的控制电路

两台动力头的加工循环周期相差悬殊、辅助时间也较长。为了节省电能,可使动力头电动机分别停机。

【工作原理】 两台动力头电动机同时起动、分别停机的控制电路

图 6-48 所示为两台动力头电动机同时起动、分别停机的控制电路。

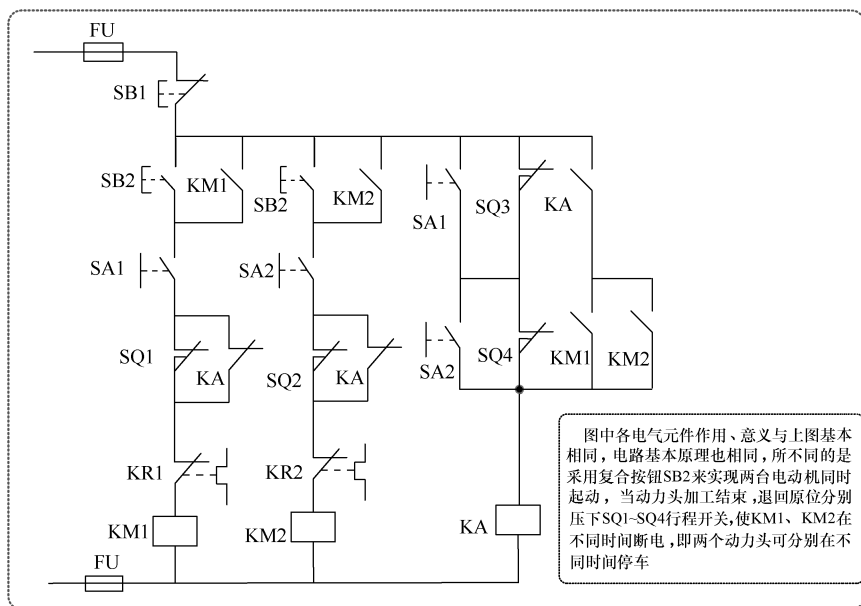


图 6-48 两台动力头电动机同时起动、分别停机的控制电路

4. 主轴不转时引入和退出的控制电路

组合机床在加工中有时要求进给电动机拖动的动力部件,在主轴不旋转的状态下向前移动,当移动到接近工件加工部位时,主轴才开始启动。加工完成,动力头脱离工件时,主轴立即停转,而进给电动机在动力部件退回到位后才停止。并且在加工过程中,主轴电动机与进给电动机两者之间要互锁,以达到不会刀具、工件和设备安全的目的。

【工作原理】 主轴不转时引入和退出的控制电路

图 6-49 所示是主轴不转时引入和退出的控制电路。

6.4.3 CM6132 型车床电气控制电路图识图

【工作原理】 CM6132 型车床电气控制电路工作原理

图 6-50 所示是 CM6132 型车床电气控制电路。

1. 主轴电动机控制

先闭合电路 QF,是机床电器通上电源。

(1) 主轴电动机正、反向旋转控制

M1 为主轴电动机(功率为 3kW),它主要用来控制车床的主运动和进给运动,通过操作转换开关 SA1(向上或向下)使得接触器 KM1 或 KM2 线圈得电,其触头分别接通电源相序来实现电动机正、反向旋转控制。转换开关 SA1 触头动作如表 6-11 所示。



行

学以致用，
攻坚克难

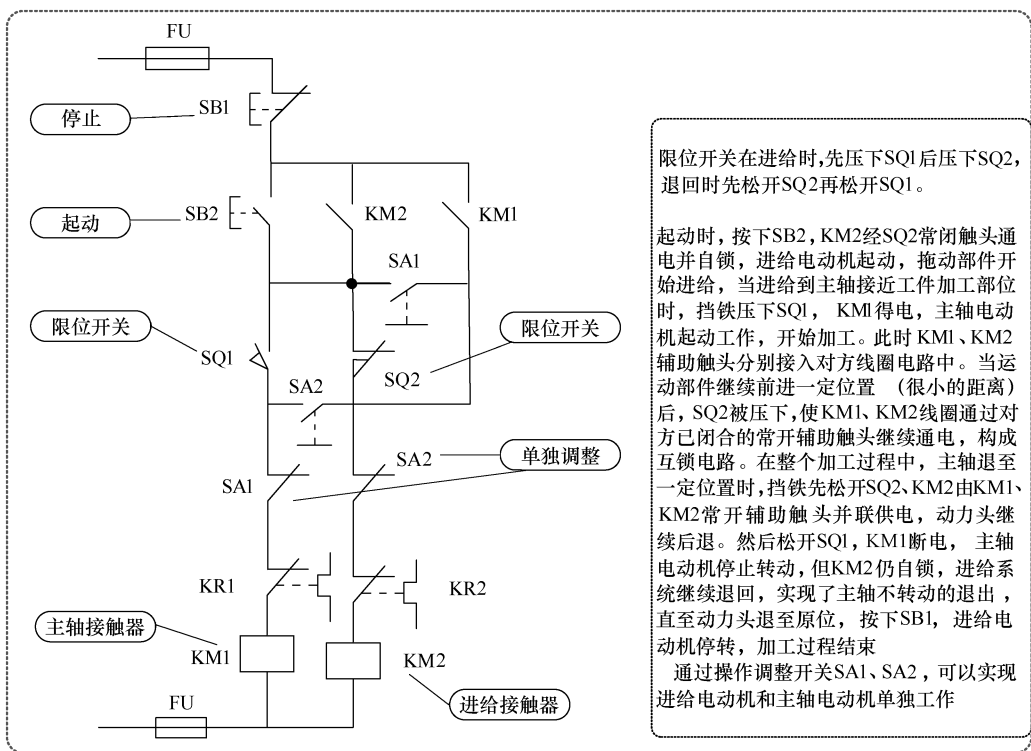


图 6-49 主轴不转时引入和退出的控制电路

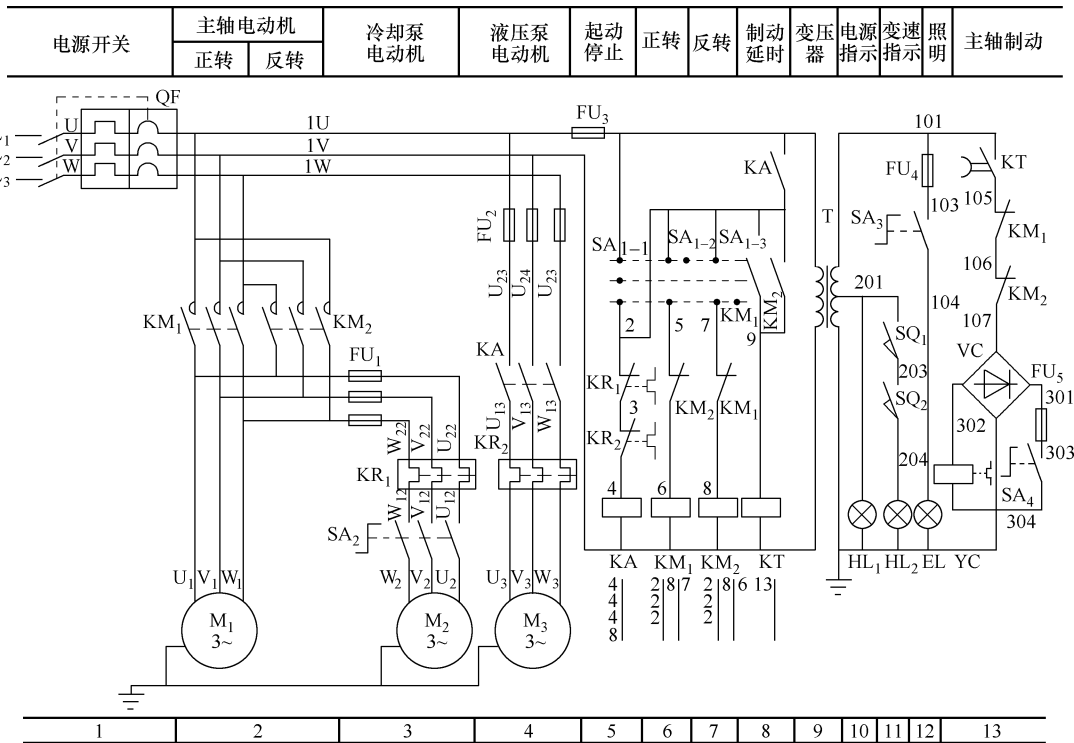


图 6-50 CM6132 型车床电气控制电路

表 6-11 转换开关 SA1 触头动作

接 通 触 头	操作手柄位置		
	向上	中间	向下
SA1-1 (1-2)	-	+	-
SA1-1 (2-5)	+	-	-
SA1-1 (2-7)	-	-	+

(2) 主轴电机的停机制动控制

主轴制动采用的是电磁离合器机械制动方法。主轴停机时，SA1 开关置于中间位置，SA1-1 接通、SA1-2、SA1-3 断开，同时 SA4 接通为 YC 得电实现制动准备，当接触器 KM1 或 KM2 线圈失电，它们的常开触头断开，主轴电动机 M1 停转，同时它们的常闭触头复位，使制动电磁离合器线圈得电，此时时间继电器 KT 线圈虽也断电，但其断电延时打开的常开触头还没有断开，从而整流桥 VC 整流电路接通，对电磁离合器 YC 提供直流电源实现制动，在 KT 延时断开触头打开时，切断整流桥电路，则 YC 线圈失电，制动就随之结束。

(3) 主轴的变速控制

主轴的变速是利用液压机构操纵两组拨叉进行改变速度的。变速时只需转动变速手柄，此时液压变速阀即转到相应的位置，使得两组拨叉都移到相应的位置进行位置定位，并压动微动开关 SQ1 和 SQ2，同时 HL2 灯点亮，变速变速已完成。若滑移齿尚未啮合好，则 HL2 灯不亮，此时应操纵 SA1 于向上或向下位置，接通 KM1 或 KM2，使主轴稍微转动一点，让齿轮正常啮合，HL2 灯亮，表明变速结束，可进行正常工作起动。

2. 冷却泵电动机控制

M2 是冷却泵电动机（功率为 0.125kW），是单向运行，由转换开关 SA2 手动控制操作的。该电动机电源是接在 KM1、KM2 主触头之后，实现了冷却泵电动机应在主轴电动机起动之后的联锁要求。

3. 液压泵电动机控制

M3 是液压泵电动机（功率为 0.12kW）是单向运行，主要是提供主轴变速装置和润滑油。采用转换开关 SA1-1 控制中间继电器 KA 实现控制。液压泵电动机的起动、停止通过断路器控制。

4. 联锁、保护、信号和照明电路

(1) 联锁

接触器 KM1、KM2 常闭触头实现正、反向电气互锁，同时实现起动工作已停机制动互锁。利用转换开关 SA1 机械定位，实现正、反向及工作已停机的机械联锁。

(2) 保护

通过断路器 QF，实现主轴电动机的短路、过载保护。熔断器 FU1 实现对 M2 电动机的短路保护，熔断器 FU2 实现对 M2 电动机的短路保护，熔断器 FU3 实现对控制电路及变压器的短路保护，熔断器 FU4 实现照明电路的短路保护，熔断器 FU5 实现直流电路的短路保护。热继电器 KR1 实现 M2 电动机的过载保护。热继电器 KR2 实现 M3 电动机的过载保护。转换开关 SA1 与继电器 KA 实现零位、零电压保护。



『行』

学以致用，
攻坚克难

(3) 信号显示电路

信号灯 HL1 为电源显示。HL2 为主轴变速显示，变速完成 SQ1、SQ2 压合，HL2 灯点亮。

(4) 照明电路

通过转换开关 SA3 控制 EL 照明电路。

6.4.4 X62W 铣床控制电路图识图

1. 铣床结构与运动形式

【铣床结构】 X62W 铣床结构

铣床由床身、主轴、刀杆、横梁、工作台、回转台、横溜板、升降台等级部分组成，X62W 铣床结构如图 6-51 所示。

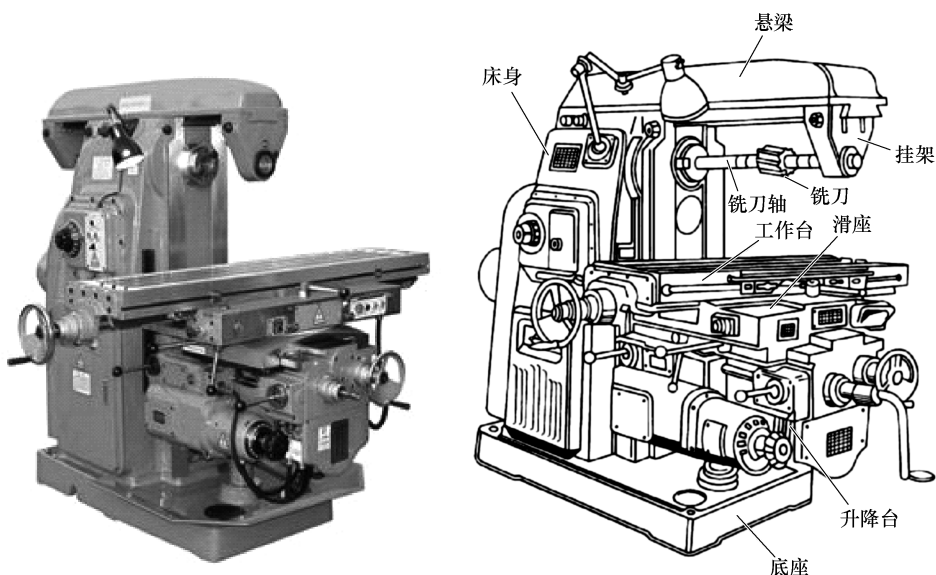


图 6-51 X62W 铣床结构

【铣床运动】 铣床的运动形式

铣床的运动形式如表 6-12 所示。

表 6-12 铣床的运动形式

主运动	<u>主运动为主轴带动铣刀的旋转运动</u> ，主运动由一台异步电动机 M1 拖动。为了适应顺铣和逆铣的需要，要求主轴电动机能够正反转；为实现快速停车，主轴电动机采用反接制动停车；为使主轴变速时变速器内齿轮易于啮合，减小齿轮端面的冲击，要求主轴电动机在变速时具有变速冲动
进给运动	<u>进给运动为在进给电动机的拖动下，工作台带动工件在纵向、横向和垂直 3 种运动形式、6 个方向上的直线运动</u> 。进给运动由一台 M2 电动机拖动，要求是能正反转
辅助运动	<u>辅助运动为工作台带动工件在纵向、横向和垂直 6 个方向上的快速移动</u> 。该机床是采用快速电磁铁 YA 吸合来改变传动链的传动比来实现快速移动的
变速冲动	<u>该机床采用机械变速的方法改变变速箱传动比</u> ，要求变速时有电动机冲动（短时传动）控制

2. X62W 铣床控制电路原理图

X62W 铣床控制电路原理图如图 6-52 所示。



「行」

学以致用，攻坚克难

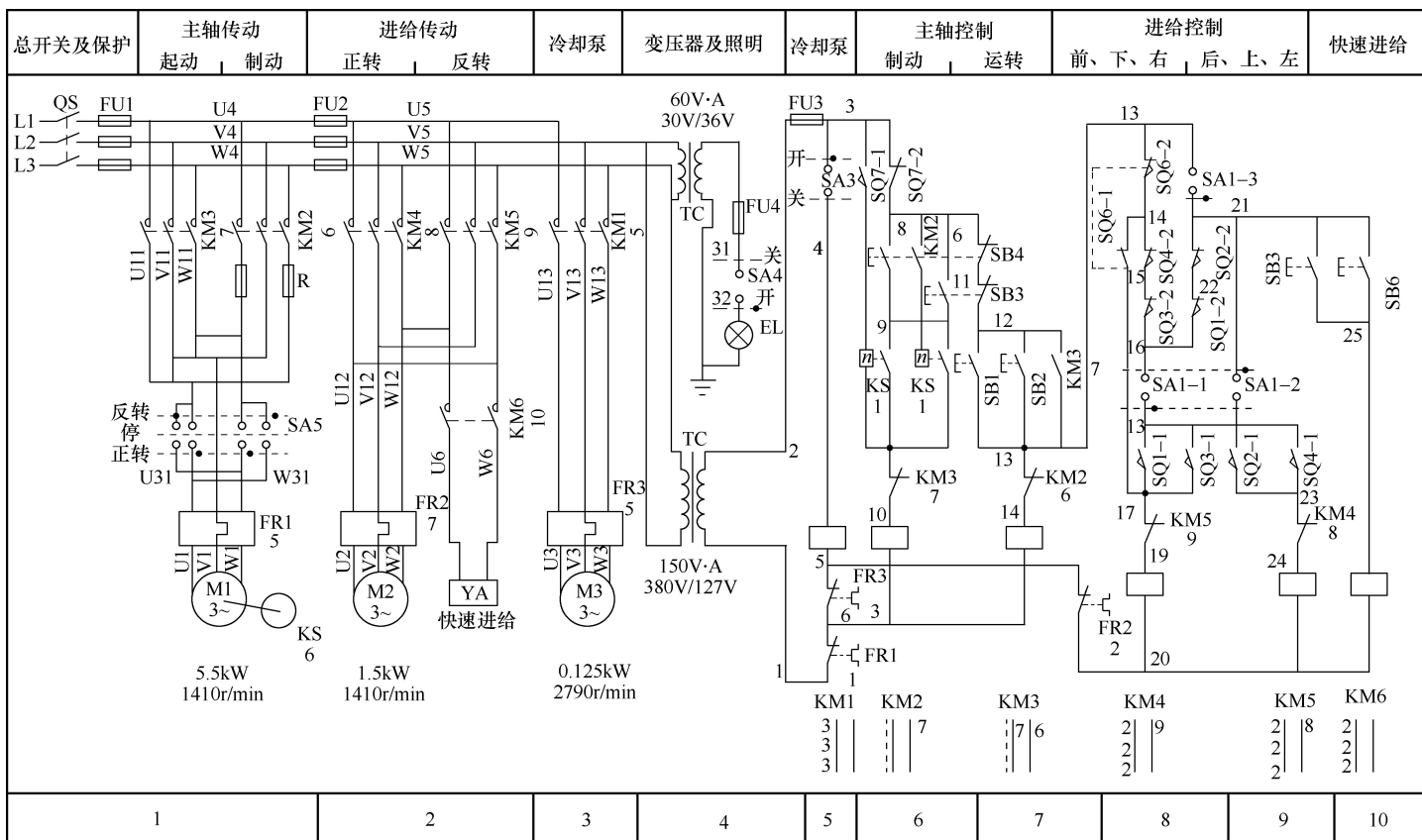


图 6-52 X62W 铣床控制电路原理图



3. 主电路识图

主电路共有 3 台电动机，M1 为主轴电动机，M2 为工作台进给电动机，M3 为冷却泵电动机。QS 为电源总开关。

【主轴电动机】 主轴电动机的控制

主轴电动机 M1 由接触器 KM3 控制，由倒顺开关 SA5 来实现转向，其开关状态如表 6-13 所示。KM2 的主触头串联两相电阻与速度继电器 KS 配合实现停车反接制动。另外还通过继续进给和接触器 KM2 进行不是冲动控制。

表 6-13 倒顺开关 SA5 开关状态

触头 \ 位置	正 转	停	反 转
SA5-1	-	-	+
SA5-2	+	-	-
SA5-3	+	-	-
SA5-4	-	-	+

注：“+”表示开关闭合，“-”表示开关断开。

【进给电动机】 进给电动机的控制

工作台进给电动机 M2 由接触器 KM4、KM5 的主触头控制，并由接触器 KM6 主触头控制快速电磁铁 YA，决定工作台移动速度。KM6 接通为快速，断开为慢速。

【冷却泵电动机】 冷却泵电动机的控制

冷却泵电动机 M3 由接触器 KM1 控制，是单方向旋转的。

4. 控制电路识图

控制电路所采用的控制电压为交流 127V，由控制变压器 TC 供给。

【主轴起动】 主轴电动机的起动控制

在非变速状态，同主轴变速手柄相关联的主轴变速冲动行程开关 SQ7（3—7、3—8）不受压。根据所用的铣刀，由 SA5 选择转向，合上 SQ，按下 SB1（或 SB2）→KM3 线圈得电并自锁→KM3 的主触头闭合，主轴电动机 M1 起动运行。由于该机床较大，为方便操作和提高安全性，可在两地起停。

主轴电动机起动的控制回路：3 线号→SQ7-2（3—8）→SB4 常闭触头（8—11）→SB3 常闭触头→（11—12）→SB1（或 SB2）常开触头（12—13）→KM2 常闭触头（13—14）→KM3 线圈（14—6）→6。

加工结束，需停止时，按下 SB3（8—9、11—12）或 SB4（8—9、8—11）→KM3 线圈随之断电，但此时速度继电器 KS 的正向触头（9—7）或反向触头（9—7）总有一个闭合→制动接触器 KM2 线圈立即得电→KM2 的 3 对主触头闭合→电源接反相序→主轴电动机 M1 串入电阻 R 进行反接制动。

【主轴变速】 主轴电动机的变速冲动控制

主轴变速可在主轴不转动时进行，也可在主轴工作时进行，利用变速手柄与限位开关 SQ7 的联动机构进行控制，具体控制过程如图 6-53 所示。

变速时，先下压变速手柄，然后拉到前面，当快要落到第 2 道槽时，转动变速盘，选择需要的转速。此时凸轮压下弹簧杆，使冲动行程开关 SQ7 的常闭触头先断开，切断 KM3 线



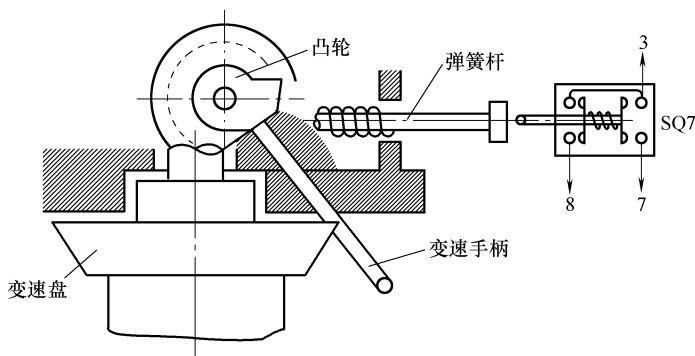


图 6-53 主轴变速冲动控制示意图

圈的电路，主轴电动机 M1 断电；同时 SQ7 的常开触头后接通，KM2 线圈得电动作，M1 被反接制动。当手柄拉到第 2 道槽时，SQ7 不受凸轮控制而复位，M1 停转。接着把手柄从第 2 道槽推回原位置时，凸轮又瞬时压下行程开关 SQ7，使 M1 反向瞬时冲动一下，以利用变速后的齿轮啮合。

【进给控制】 进给电动机控制电路

工作台移动电路电源的一端（线号 13）串入 KM3 的自锁触头（12—13），从而保证只有主轴旋转旋转后工作台才能进给的联锁要求。

铣床实现 6 个方向垂直运动的方法是，通过操作旋转运动方向的手柄来选择，有 2 个操作手柄：一个是纵向（左右）操作手柄，有左、中、右 3 个档位；另一个是横向（前后）和垂直（上下）十字操作手柄，该手柄有 5 个位置，即上、下、前、后、中间停。当扳动操作手柄时，通过联动几个，将控制运动方向的机械离合器合上，同时压下相应的行程开关。操作手柄位置与下侧开关的对应工作状态如表 6-14、表 6-15 所示。

表 6-14 纵向行程开关工作状态

触头 \ 纵向手柄	向左	中间（停）	向右
SQ1-1	-	-	+
SQ1-2	+	+	-
SQ2-1	+	-	-
SQ2-2	-	+	+

表 6-15 工作台升降、横向行程开关工作状态

触头 \ 升降、横向手柄	向前向下	中间（停）	向后向上
SQ3-1	+	-	-
SQ3-2	-	+	+
SQ4-1	-	-	+
SQ4-2	+	+	-



行

学以致用，攻坚克难

SA1 为圆工作台转换开关，它是一种选择开关，其工作状态如表 6-16 所示。当使用圆工作台时，SA1-2（17—21）闭合，不使用圆工作台而使用普通工作台时，SA1-1（16—18）和 SA1-3（13—21）均闭合。

表 6-16 选择开关 SA1 触头工作状态

触头 \ 位置	接通圆工作台	断开圆工作台
SA1-1	-	+
SA1-2	+	-
SA1-3	-	+

（1）工作台纵向（左右）进给控制

条件：SA1 置于普通工作台，十字手柄置于中间停位。若向右进给，则纵向操作手柄扳向右。

纵向手柄扳向右 $\xrightarrow{\text{合上纵向进给机械离合器}}$
 $\rightarrow$ 压下 SQ1 $\left(\frac{SQ1-1+}{SQ1-2-} \right) \rightarrow$ KM4 得电 $\rightarrow$ M2 正转 $\rightarrow$ 工作台右移

KM4 的电流回路：13 线号 $\rightarrow$ SQ6-2（13—14） $\rightarrow$ SQ4-2（14—15） $\rightarrow$ SQ3-2（15—16） $\rightarrow$ SA1-1（16—18） $\rightarrow$ SQ1-1（18—17） $\rightarrow$ KM5 常闭互锁触头（17—19） $\rightarrow$ KM4 线圈（19—20） $\rightarrow$ 20 线号。

当将操纵手柄扳回中间位置时，SQ1 不受压，工作台停止向右进给运动。在工作台的左右终端安装了撞块，当不慎向右进给至进给至终端时，左右操作手柄被右端撞块撞到中间停车位置，用机械方法使 SQ1 复位，KM4 线圈断电，实现了限位保护。

工作台向左移动的电路与向右相似，这里不再赘述。

（2）工作台前后和上下进给控制

条件：若要工作台向上进给，则应将十字手柄扳向上。

十字手柄向上 $\xrightarrow{\text{合上垂直进给机械离合器}}$
 $\rightarrow$ 压下 SQ4 $\left(\frac{SQ4-1+}{SQ4-2-} \right) \rightarrow$ KM5 得电 $\rightarrow$ M2 反转 $\rightarrow$ 工作台向上运动

KM5 通电的电流回路：13 线号 $\rightarrow$ SA1-3（13—21） $\rightarrow$ SQ2-2（21—22） $\rightarrow$ SQ1-2（22—16） $\rightarrow$ SA1-1（16—18） $\rightarrow$ SQ4-1（18—23） $\rightarrow$ KM4 常闭互锁触头（23—24） $\rightarrow$ KM5 线圈（24—20） $\rightarrow$ 20 线号。

在电流回路中的常闭触头 SQ2-2 和 SQ1-2 用于工作台前后及上下移动同左右移动之间的互锁。

工作台向下移动时的工作原理与向上移动时相似。

若要工作台向前进给，则只需将十字手柄扳向前即可，向后与此相似。

（3）工作台快速移动控制

1) 主轴工作时的快速移动控制

当主轴电动机和进给电动机都在工作时，需要工作台快速移动，需要按下 SB5（或 SB6） $\rightarrow$ KM6 线圈得电 $\rightarrow$ KM6 主触头闭合 $\rightarrow$ 电磁铁 YA 通电，接上快速离合器 $\rightarrow$ 工作台快速向操作手柄预选的方向移动。



2) 主轴不工作时的快速移动控制

工作台也可以在主轴不转动时进行快速移动,这时可将主轴电动机 M1 的换向开关 SA5 扳在停止位置,然后扳动所选方向的结果手柄,按下主轴起动按钮和快速按钮,使接触器 KM4 或 KM5 及线圈得电,工作台可沿选定方向快速移动。

(4) 工作台个运动方向的联锁

条件:工作台的向右、向左控制,是同一手柄操作的,手柄本身带动行程开关 SQ1 和 SQ2 起到左右移动的联锁作用。同理,工作台的前后和上下 4 个方向的联锁是通过 SQ4 和 SQ3 来实现的。

工作台的纵向、横向移动和垂直移动之间的联锁是利用电气方式来实现的。两个并联支路(SQ1-2、SQ2-2 和 SQ3-2、SQ4-2)控制接触器 KM4、KM5 的线圈,使 KM4 或 KM5 不能同时工作。

(5) 工作台进给变速冲动控制

条件:工作台停止移动,所有手柄置于中间位置。

进给变速操作:进给变速手柄外拉→对准需要的速度,将手柄拉出到极限→压动限位开关 SQ6→KM4 线圈得电→进给电动机 M2 正转。

KM4 回路电流:13 线号→SA1-3 (13—21)→SQ2-2 (21—22)→SQ1—2 (22—16)→SQ3-2 (16—15)→SQ4-2 (15—14)→SQ6-1 (14—17)→KM5 常闭互锁触头 (17—19)→KM4 线圈 (19—20)→20 线号。

进给变速手柄推回原位置,进给变速完成。

(6) 圆工作台进给控制

条件:工作台纵向及十字操作手柄置于中间停止位置,圆工作台转换开关 SA1 置于“接通”位置。

按下 SB1 或 SB2→KM3 线圈得电→ $\xrightarrow{\text{→主轴电动机 M1 工作}}$ →KM4 线圈得电→进给电动机 M2 正转→围工作台回转

KM4 回路电流:13 线号→SQ6-2 (13—14)→SQ4-2 (14—15)→SQ3-2 (15—16)→SQ1-2 (16—22)→SQ2-2 (22—21)→SA1-2 (21—17)→KM5 常闭互锁触头 (17—19)→KM4 线圈→(19—20)→20 线号。

5. 冷却泵电动机的控制

由转换开关 SA3 控制接触器 KM1 来控制冷却泵电动机 M3 的工作。

6. 辅助电路和保护

照明灯由变压器 TC 供给 36V 电压,转换开关 SA4 (31—32) 控制照明灯 EL。

M1、M2 和 M3 为连续工作制,由 FR1、FR2 和 FR3 实现过载保护。单号主轴电动机 M1 过载时,FR1 动作,其常闭触头 FR1 (1—6) 断开,使整个控制电路断路。当冷却泵电动机 M3 过载时,FR3 动作,其常闭触头 FR3 (5—6) 断开,使 M2、M3 失电。当进给电动机 M2 过载时,FR2 动作,其常闭触头 FR2 (5—20) 切断控制电源供电。

FU1、FU2 是主电路短路保护,FU3 是控制电路的短路保护,FU4 是照明电路的短路保护。



『行』

——学以致用，攻坚克难

6.5 我来做——低压电器控制电路图识图



习题 6

- 6.1 在电动机主电路中安装了熔断器，为什么还要装热继电器？它们各有什么作用？
6.2 图 6-54 所示电路各有什么错误？工作时现象是怎样的？应如何改正？

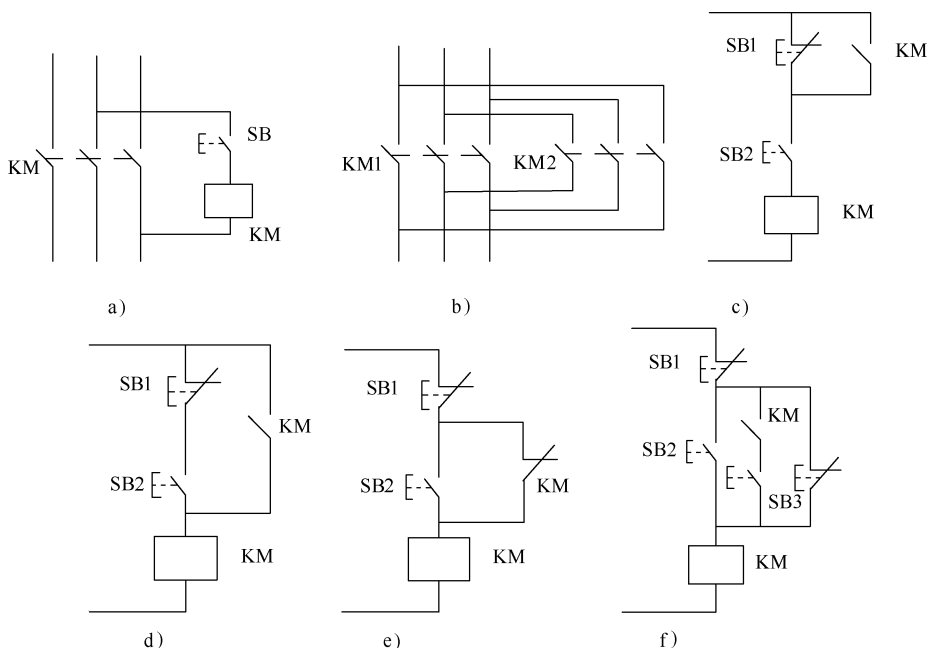


图 6-54 继电器电路

- 6.3 对于图 6-55 所示自锁正转控制电路，分析指出其中的错误及出现的现象，并加以改正。

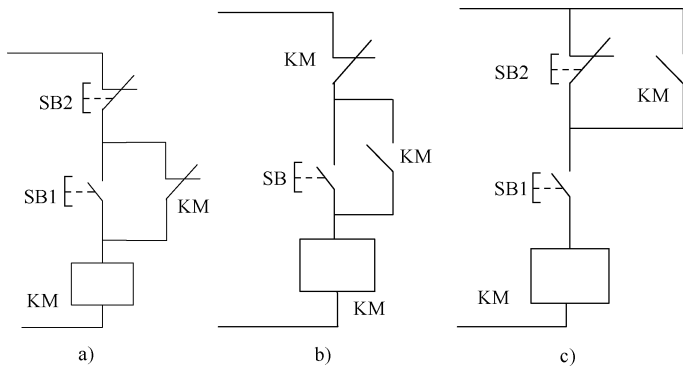


图 6-55 自锁正转控制电路



『行』

学以致用，攻坚克难

6.4 几种正反转控制电路如图 6-56 所示, 分析各电路能否正常工作。若不能正常工作, 请指出原因, 并改正过来。

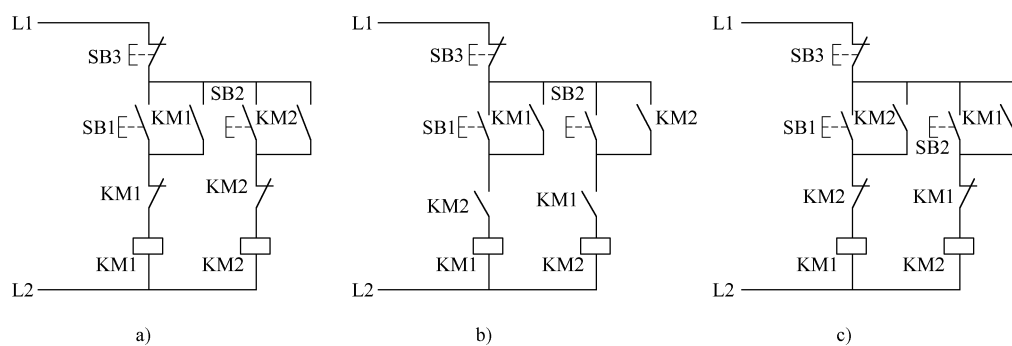


图 6-56 正反转控制电路



『行』

——学以致用，攻坚克难

电工测量电路图识图



7.1 电流测量电路识图

7.1.1 直流电流测量电路图识图

测量直流电流的常用仪表有指针式直流电流表、数字式直流电流表、万用表等，如图 7-1 所示。

【测量电路】 直流电流测量电路

直流电流测量电路的原理如图 7-2 所示。

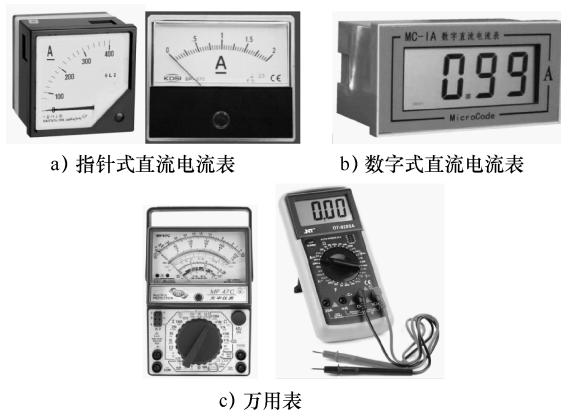


图 7-1 测量直流电流的常用仪表

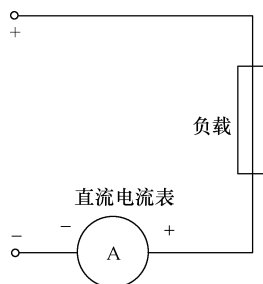


图 7-2 直流电流测量电路的原理

【重要提醒】 测量时应注意的问题
测量直流电流时应注意的问题如表 7-1 所示。

表 7-1 测量直流电流时应注意的问题

串联连接	电流表必须与被测电路串联
同电位相接	电流表的正极接线柱（或万用表的红表笔）与电路的高电位端连接，负极接线柱（或万用表的黑表笔）与电路的低电位端连接
量程	测量的电流要小于或等于仪表的满偏电流，就是说被测电流不要超过电流表的量程，否则会损坏电流表或万用表

7.1.2 交流电流测量电路图识图

测量交流电流常用仪表有电磁式电流表、电压表、万用表、钳式电流表等，如图 7-3 所示。小电流常用直接测量法，而高压大电流则应用间接测量法。



图 7-3 交流电流表

1. 用电流表直接测量交流电流

【直接测量】 电流表直接测量交流电流
电流表直接测量交流电流原理图如图 7-4 所示。

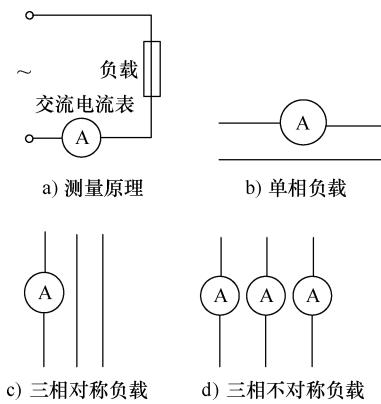


图 7-4 电流表直接测量交流电流原理图

【重要提醒】 测量时应注意的问题
测量交流电流时应注意的问题如表 7-2 所示。

表 7-2 测量交流电流时应注意的问题

串联连接	电流表（或万用表）必须与被测电路串联
量程	测量的电流要小于或等于仪表的满偏电流，就是说被测电流不要超过电流表的量程，否则会损坏电流表或万用表
极性	交流电流表的接线柱（或万用表）可以不区分极性
钳式电流表	钳式电流表是不需要断开电路而串联于电路中，只需用钳式夹住一根导线即可，如图 7-5 所示



『行』

——学以致用，攻坚克难

2. 用电压表间接测量交流电流

间接测量法就是通过测量该支路某个电阻的电压，然后通过运用欧姆定律来计算出电流 ($I = U/R$)。若被测支路上没有合适的电阻，有时可在被测电路中接入一个小电阻，这个小电阻称为采样电阻。确定采样电阻的阻值时要兼顾到两个方面的因素：一是电阻的接入不能对原电路产生太大的影响；二是输出的电压值不能太小，以便于计算。间接法测量电流示意图如图 7-6 所示。

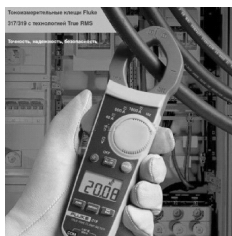


图 7-5 钳式电流表测量交流电流

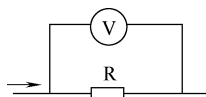


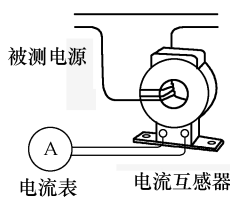
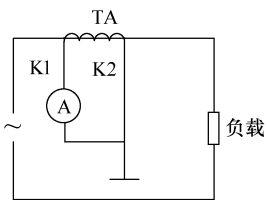
图 7-6 间接法测量电流示意图

3. 用电流表配合电流互感器测量交流电流

电流互感器是一种把电力线路上大小不一的电流变成一定范围内的电流的仪器，可以方便地进行测量。接线方法是将电流互感器一次绕组与电路中的负载串联，二次绕组接电流表。目前新型的电流互感器是穿心式互感器，只要将被测线路从电流互感器中心穿过即可测量，使用十分方便。电流互感器及接线图如图 7-7 所示。



a) 电流互感器



b) 电流互感器原理图和接线图

图 7-7 电流互感器及接线图

【重要知识点】 电流互感器的电流比

电流互感器的电流比可在铭牌上查看。一只电流表的满量程为 1500A，则选择电流表为 1500/5 的电流互感器与它配合。只要所选用的电路互感器和电流表上所标的电流比值相同，就可以直接从表盘上读出一一次电流值。

【测量电路 1】 单相式电流互感器测量电路

单相式电流互感器测量电路原理图如图 7-8 所示，在一相线路（三相平衡线路中为 L2）中安装一只电流互感器，电流表串接在其二次侧。

【测量电路 2】 三相式电流互感器测量电路

测量三相电源线电流的方法有三种：第一种是利

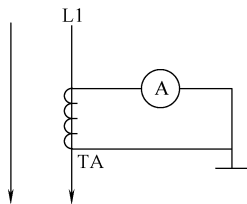


图 7-8 单相式电流互感器测量电路



『行』

——学以致用，攻坚克难

用3个电流互感器接3块电流表测三相电流。在图7-9a中,该接线方式又称为三相Y(星)形联结,三只电流表分别于三相电流互感器的二次侧相连,可以分别测量各相电流。这种接线广泛应用于中性点直接接地的三相三线制和三相四线制电路中,既可用于测量,也可用于继电保护。

第二种方法是用2个电流互感器接3块电流表测三相电流;第三种方法是用2个或3个电流互感器和1个电流换向器接1块电流表测三相电流。测量三相电流的具体原理图如图7-9、图7-10、图7-11和图7-12所示。

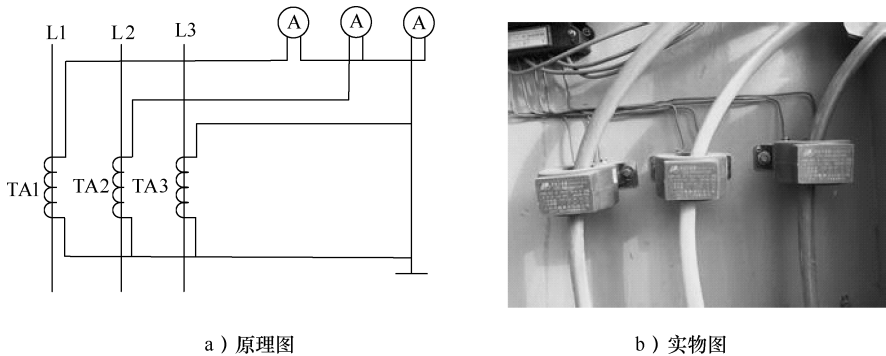


图7-9 3个电流互感器接3块电流表测三相电流

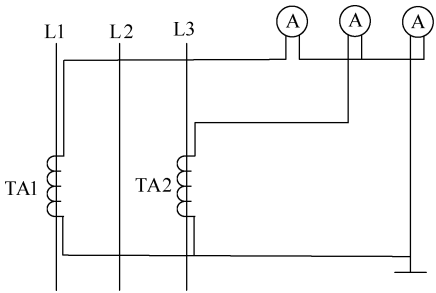


图7-10 2个电流互感器接3块电流表测三相电流

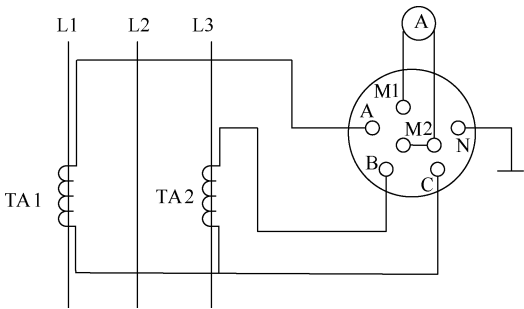


图7-11 用2个电流互感器和1个电流换向器接1块电流表测三相电流



『行』

——学以致用，攻坚克难

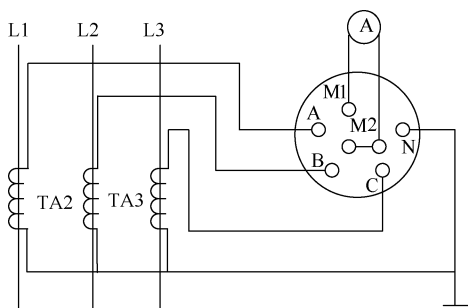


图 7-12 用 3 个电流互感器和 1 个电流换向器接 1 块电流表测三相电流

7.2 电压测量电路识图

测量电压的常用仪表有指针式电压表、数字式电压表、万用表等，如图 7-13 所示。

7.2.1 直流电压测量电路图识图

【**测量电路**】 直流电压测量电路原理

直流电压测量电路原理图如图 7-14 所示。



a) 指针式直流电压表 b) 指针式交流电压表 c) 指针式交直流电压表



d) 指针式直流电压表



e) 数字式交直流电压表

图 7-13 测量电压的常用仪表

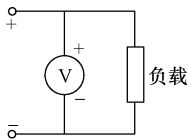


图 7-14 直流电压测量电路原理

【**重要提醒**】 测量时应注意的问题

测量直流电压时应注意的问题如表 7-3 所示。

表 7-3 测量直流电压时应注意的问题

并 联 连 接	电压表（或万用表）必须与被测电路并联
量 程	测量的电压要小于或等于仪表的满偏电压，就是说被测电压不要超过电压表的量程，否则会损坏电压表或万用表
极 性	电压表正接线柱（或万用表的红表笔）必须接被测电路正极或高电位，负接线柱（或万用表的黑表笔）接负极或低电位

7.2.2 交流电压测量电路图识图

交流电压表是一种用来测量交流电压有效值的仪表。在强电电路中，交流电压表常用来测量监视电路的电压大小。

1. 交流电压直接测量

【测量电路 1】 交流电压直接测量电路原理

交流电压直接测量电路原理图如图 7-15 所示。

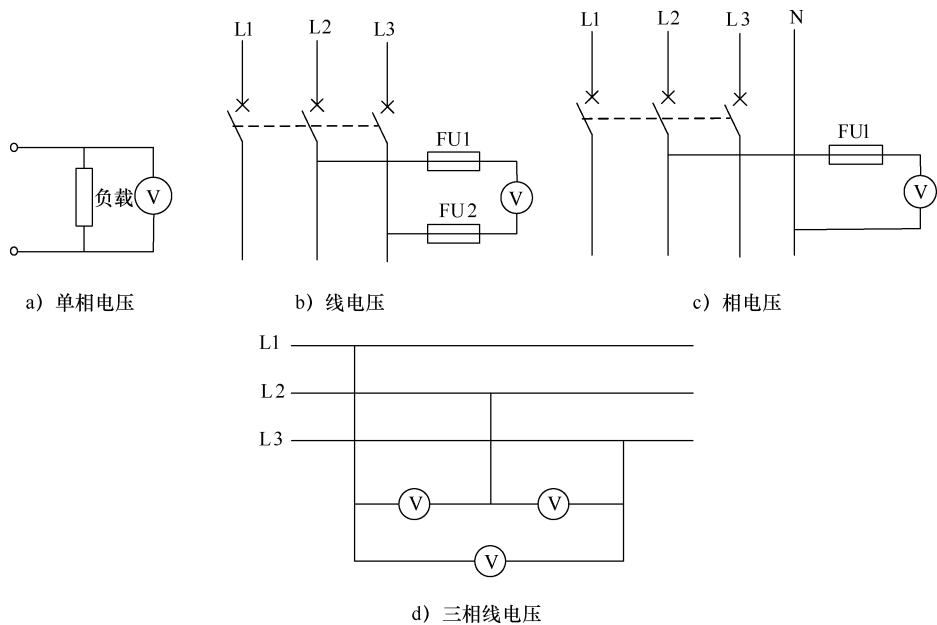


图 7-15 交流电压直接测量电路原理

【重要提醒】 测量时应注意的问题

测量交流电压时应注意的问题如表 7-4 所示。

表 7-4 测量交流电压时应注意的问题

并联连接	电压表（或万用表）必须与被测电路并联
量程	测量的电压要小于或等于仪表的满偏电压，就是说被测电压不要超过电压表的量程，否则会损坏电压表或万用表
极性	电压表的接线柱（或万用表的表笔）不考虑极性问题

2. 交流电压接电压互感器测量

【测量电路 2】 单相交流电压互感器测量电路原理

电压互感器如图 7-16 所示，电压互感器是把高电压按比例关系变换成 100V 或更低等级的标准二次电压，供保护、计量、仪表装置使用。同时，使用电压互感器可以将高电压与电气工作人员隔离。电压互感器二次回路是高阻抗回路，二次电流的大小由回路的阻抗决定。当二次负载阻抗减小时，二次电流增大，使得一次电流自动增大一个分量来满足一、二



『行』

——学以致用，攻坚克难

次侧之间的电磁平衡关系。

测量高压回路的交流电压时，常借助电压互感器来将电压值等比例降低，再用电压表去测量降低后的电压。已大幅度降低后的电压值，相对于电压表而言是安全电压，此电压值已不会造成测量表计的绝缘损坏。但测量出的读数要乘以电压互感器的电压比，才是被测电压的实际数值。



图 7-16 电压互感器

单相交流电压互感器测量电路如图 7-17 所示，电压表接在一只单相电压互感器的二次侧，用于测量线电压。这种接线方式用于测量高压电路的线电压。这时电压表 V 的示数为 U/K_u (K_u 为电压互感器电压比)。

【经验分享】 读取电压表示数

以图 7-17 所示为例，一次系统电压值为 6000V，而电压互感器电压比为 6000/100，那么当电压表表头所接受的电压值为 100V 时，其意义就代表在电压互感器的一次侧，也就是一次系统电压值为 6000V。如果将电压表表盘上的指示值按相应比例进行记录，即当表头接受电压为 100V 时，其指针所指方位为 6000V，其他数值同样记录，就可很方便地通过表针指示直观读出系统电压值。

【测量电路 3】 三相交流电压互感器测量电路原理

(1) 一只电压表测量三相电压的测量电路

一只电压表测量三相电压的测量电路如图 7-18 所示。一只电压表经电压转换开关接线，测量三相线电压。这种接线广泛应用于低压三相四线制电路中。

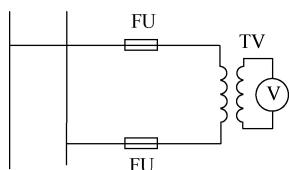


图 7-17 单相交流电压互感器测量电路

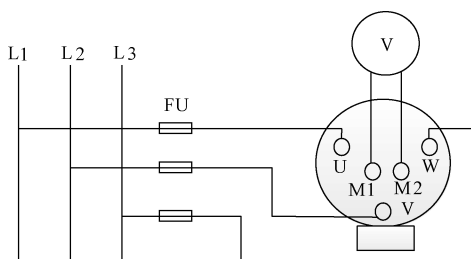
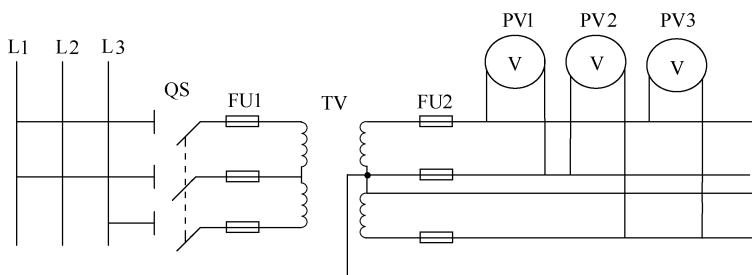


图 7-18 一只电压表测量三相电压的测量电路

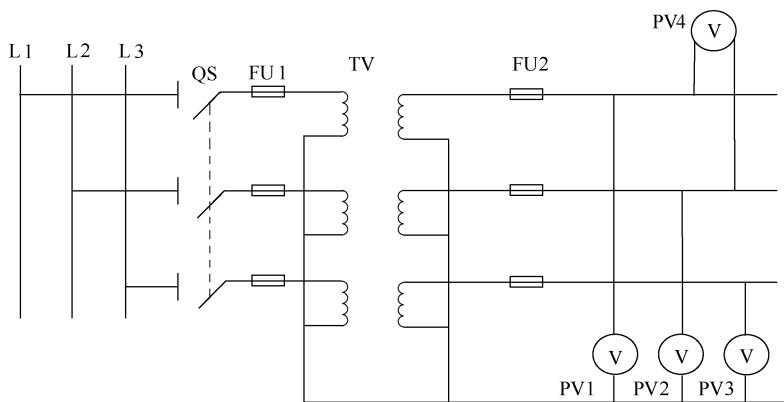
(2) 利用电压互感器测量三相电压的测量电路

图 7-19a 所示为两个单相电压互感器的 V/V 形接线，能测量相间线电压，但不能测量相电压。电压表 PV1、PV2、PV3 分别测量的是线电压 U_{UV} 、 U_{VW} 和 U_{UW} 。

图 7-19b 所示为两个单相电压互感器的 V/V 形接线, 能测量相间线电压, 但不能测量相电压。电压表 PV1、PV2、PV3 分别测量的是 U、V 和 W 相电压值, 而电压表 PV4 测量的是线电压 U_{UV} 。



a) 两个单相电压互感器的 V/V 形接线

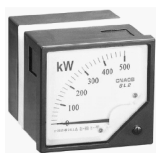


b) 三个单相电压互感器的 V/V 形接线

图 7-19 利用电压互感器测量三相电压的测量电路

7.3 功率测量电路识图

电功率测量分为有功功率测量和无功功率测量两种, 可以采用电动系功率表、静电系功率表和电热系功率表测量。由于电动系仪表的两组线圈能同时测出被测电路功率的电压、电流, 又具有准确度高、标尺分度均匀、交直流两用等优点, 因此功率表大多数采用电动式仪表。常用功率表有指针式功率表和数字式功率表两大类, 如图 7-20 所示。



a) 指针式功率表



b) 数字式功率表

图 7-20 功率表



行

学以致用，
攻坚克难

【重要提醒】 功率表的原理图、接线图及符号

测量时，将功率表的固定线圈与负载串联，反映负载中的电流，因而固定线圈又称为电流线圈；将可动线圈与负载并联，反映负载两端的电压，所以可动线圈又称为电压线圈。功率表原理图、接线图及符号如图 7-21 所示。

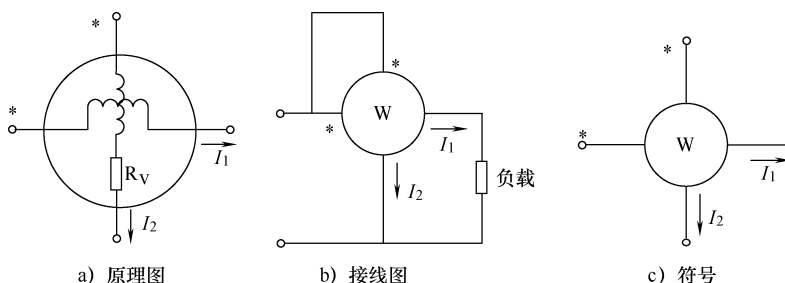


图 7-21 功率表的原理图、接线图及符号

电动系仪表测量机构的转矩方向和两线圈中的电流方向有关，为了防止电动系功率表的指针反偏，接线时必须遵守“发电机端”规则，即功率表电流线圈标有“*”（或标注“·”“±”）的接线柱必须接到电路的交流电源测（或电源的正极端），而电流线圈的另一端接线柱与负载连接，使电流线圈串联入电路中。功率表电压线圈有“*”号的接线柱可以接到电流端接线柱的任意一端，而另一个电压端接线柱则必须跨接到负载的另一端。

7.3.1 有功功率测量电路图识图

1. 单相功率表的接线原理图

功率表的接线方法有两种：一种的电压线圈前接法，另一种是电压线圈后接法，如图 7-22 所示。前接法的电压线圈“*”号与电流线圈电源端接线柱连接，后接法的电压线圈“*”号端接线柱与电流线圈负载端接线柱连接。这应该根据负载电阻的大小和功率表的参数确定。如果负载电阻比功率表电流线圈电阻大得多，可实行前接法；如果负载电阻比功率表电压支路电阻小得多，可实行后接法。

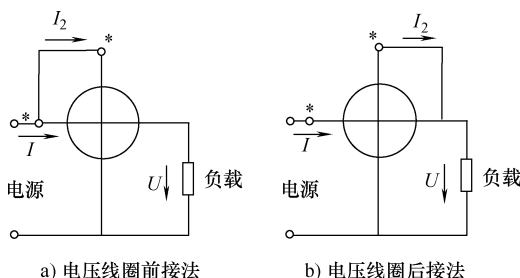


图 7-22 功率表的两种接线方法

2. 单相有功功率的测量

【测量电路 1】 单相有功功率表测量电路

单相有功功率表测量电路如图 7-23 所示。图 7-23a 所示为单相有功功率表的电流线圈



行

学以致用，攻坚克难

和电压线圈不经互感器而直接分别串、并联于单相电路中的测量电路。这种接线适用于低压小功率单相电路的有功功率的测量。图 7-23b 所示为有功功率表的电流线圈与电压线圈则分别经电流互感器（接成 V 形）和电压互感器的二次侧接入电路。它适用于测量高压大功率的三相平衡的有功功率。但这种接线的三相电路是实际有功功率，应为功率表读数与电流互感器电流比 K_i 、电压互感器电压比 K_u 乘积的 3 倍。

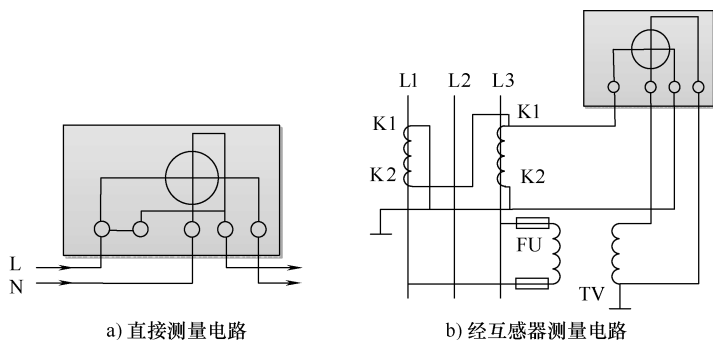


图 7-23 单相有功功率表测量电路

3. 三相有功功率的测量

【测量电路 2】一表法——测三相对称负载的有功功率

无论是三相三线制还是三相四线制电路，只要三相负载是对称的，均可只用一只单相功率表，测量表中任意一相的有功功率，在将示数乘以 3，就获得三相总有功功率，即 $P = 3P_1$ 。

具体接线电路原理图如图 7-24 所示。无论是图 7-24a 三相星形（Y）联结，还是图 7-24b 三角形（ Δ ）联结，功率表记录的都是相电压和相电流，只测量其中一相的有功功率。当被测电路的中点不方便接线，或负载不允许断开时，可采用两只与功率表电压支路阻抗值相同的表外阻抗接成图 7-24c 所示的人工中点法。

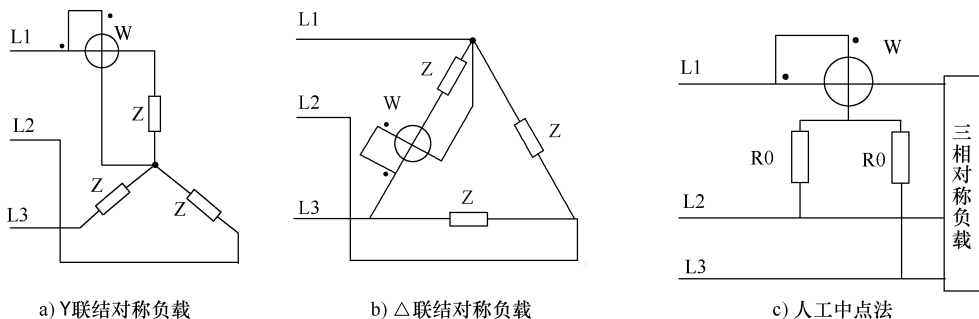


图 7-24 测三相对称功率的一表法接线电路原理图

【测量电路 3】两表法——测三相三线制电路的有功功率

两表法的正确接线规则如下：

1) 两表的电流线圈应各自串接在任意两相线上，必须将其发电机端接电源侧。这样，通入电流线圈的电流为线电流。



行

学以致用，
攻坚克难

2) 两表的电压线圈的发电机端应接到各自电流线圈的所在相上，另一端共同接到没有表的第三相上。这样，加在电压回路的电压为线电压。

两表法的正确读法如下：

在读取两表发测量三相电路有功功率时，必须是两功率表包含符号的功率指示值 P_1 与 P_2 的代数和，因为两表的示数与负载的功率因数有关。这里会出现三种情况。

- 1) 当 $\phi = 0$ 时，为纯电阻负载，两表示数相等，则三相有功功率 $P = P_1 + P_2 = 2P_1$ 。
- 2) 当 $\phi = \pm 60^\circ$ 时，两表中必有一表的示数为 0，则三相有功功率 $P = P_1$ 或 $P = P_2$ 。
- 3) 当 $\phi > \pm 60^\circ$ 时，两表中必有一表的示数为负，则三相有功功率 $P = P_1 - P_2$ 。

【重要提醒】 两表法测量电路应用范围

- 1) 适用于三相三线制电路，而且不管三相负载是否对称。
- 2) 在三相四线制不对称负载电路中，因三相电流瞬时值之和不等于零，所以这种测量三相总功率的“两表法”只适用于三相三线制电路，而不适用于三相四线制不对称电路。

【测量电路 4】 三表法——测三相四线制不对称负载电路的有功功率

对于三相四线制不对称负载电路的功率测量，就必须用三只单相功率表，分别测出每相的有功功率，其和就是该电路的总有功功率。三只功率表分别接在各自的相电流及相电压上，其接线电路原理图如图 7-25 所示。

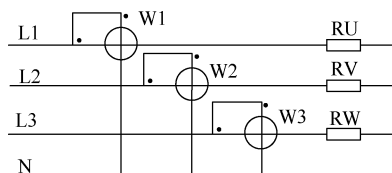


图 7-25 测三相四线制有功功率的三表法接线电路原理图

7.3.2 无功功率测量电路图识图

单相和三相无功功率的测量，主要针对的是并联电力电容器的电路，可分别采用单相和三相无功功率表进行测量。

1. 单相无功功率的测量

【测量电路 1】 用单相功率表测量无功功率

用单相功率表测量无功功率的接线图如图 7-26 所示。读数乘以 $\sqrt{3}$ ，即为三相电路无功功率的数值。

2. 三相无功功率的测量

【测量电路 2】 用两只单相功率表测量无功功率

用两只单相功率表测量无功功率的接线图如图 7-27 所示。两表测量值之差的绝对值乘以 $\sqrt{3}$ ，即为三相电路无功功率的数值。

【测量电路 3】 用三只单相功率表测量无功功率

用三只单相功率表测量无功功率如图 7-28 所示。由于每只功率表测量的有功功率是该相无功功率的 $\sqrt{3}$ 倍；三只功率表读数总

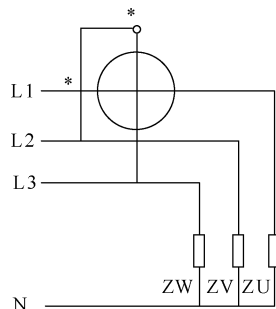


图 7-26 用单相功率表测量无功功率



和为三相无功功率总和的 $\sqrt{3}$ 倍。因此，将三只功率表的读数之和除以 $\sqrt{3}$ ，即为三相电路无功功率的数值。

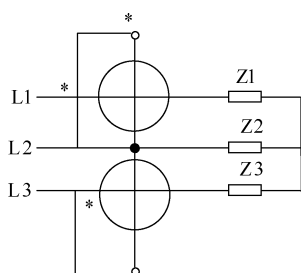


图 7-27 用两只单相功率表测量无功功率

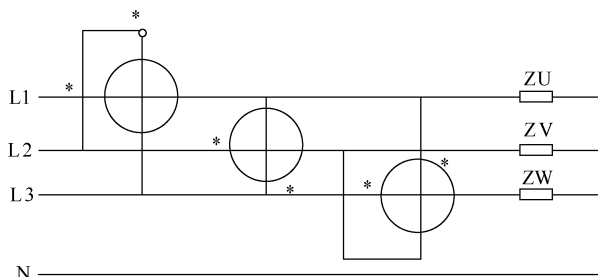


图 7-28 用三个单相功率表测量无功功率

7.4 电能测量电路识图

在电力系统中，发电量和用电量都是以电能作为计算标准的，因此电能的测量是一种必不可少的测量。电能表又俗称电度表（或千瓦时表），它是一种用来计算用电量（电能）的测量仪表。

电能表按结构和工作原理不同可分为机械电能表（感应式）和数字式（电子式）电能表两大类。根据测量对象的不同，电能表可分为有功电能表和无功电能表两类。有功电能表用来测量有功电能。电能表可以计量交流电能，也可以计量直流电能。计量有功电能的电能表又可分为单相电能表和三相电能表两类。

7.4.1 单相有功电能测量电路图识图

常用的单相电能表有 DD9 型、DD10 型、DD17 型、DD19 型和 DD28 型等。

单相电能表共有 5 个接线端子，其中有 2 个端子在表的内部用短路连片连接，所以单相电能表外接端子就只有 4 个。单相电能表如图 7-29 所示。

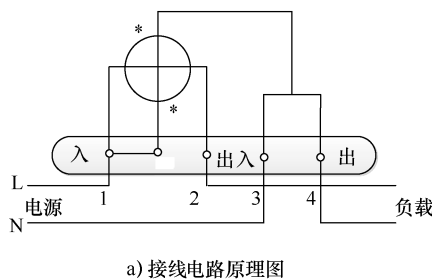
1. 直接接入式

【测量电路 1】机械式单相电能表的接线方法

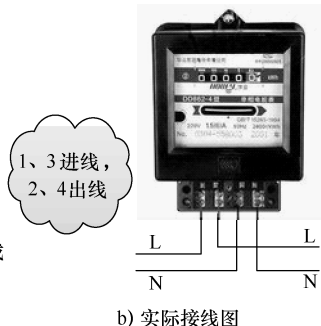
机械式单相电能表的接线如图 7-30 所示。



a) 机械式 b) 电子式



a) 接线电路原理图



b) 实际接线图

图 7-29 单相电能表

图 7-30 机械式单相电能表的接线



『行』

——学以致用，攻坚克难

这种接线的特点是，电能表的 1、3 端子与电源连接，2、4 端子与负载连接。目前，国产电能表基本都采用这种接线方式。

【重要提醒】 注意接线方式

单相电能表直接接入电路，要特别注意，其相线与零线绝不能对调，即电能表中的输入端不能接在零线上；同样，其输出端也不能接在相线上，否则容易造成触电及漏计的后果。

2. 互感器接入式

当被测电路中的电流很大，而电能表的额定电流不能满足测量要求时，可以采用配电流互感器的方法进行测量。

【测量电路 2】 单相有功电能表配电流互感器的接线方法

单相有功电能表配电流互感器的接线如图 7-31 所示。

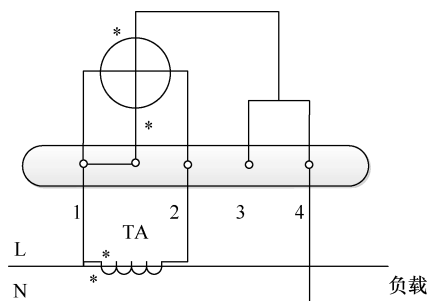


图 7-31 单相有功电能表配电流互感器的接线

7.4.2 三相有功电能测量电路图识图

三相有功电能表按其结构可分为三相四线制电能表和三相三线制电能表。三线四线电能表即三相三元件电能表，型号为 DT 型，额定电压为 $3 \times 380\text{V}/220\text{V}$ 。三相两元件电能表，型号为 DS 型。另外三相电能表其标称电流的前面，全部有“ $3 \times$ ”（乘以）的字样，如 $3 \times 5(10)\text{A}$ 。

【测量电路 1】 三相三线制有功电能表直接接入的接线方法

三相三线制（ $3 \times 380\text{V}$ 、DS 型、两元件电能表）接线原理图如图 7-32 所示。

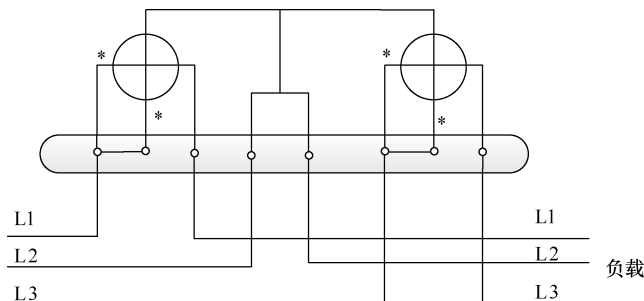


图 7-32 三相三线制有功电能表直入式接线电路原理图

【测量电路2】 三相三线制有功电能表经电流互感器接入的接线方法
三相三线制有功电能表经电流互感器接线电路原理图如图 7-33 所示。

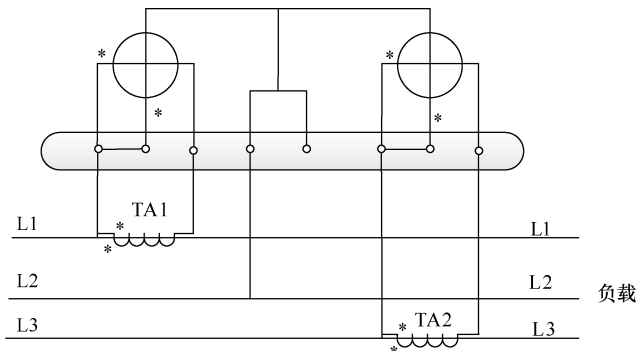


图 7-33 三相三线制有功电能表经电流互感器接线电路原理图

【测量电路3】 三相四线电能表直接接入的接线方法
三相四线（ $3 \times 380\text{V}/220\text{V}$ 、DT 型、三元件电能表）的接线电路原理图如图 7-34 所示。

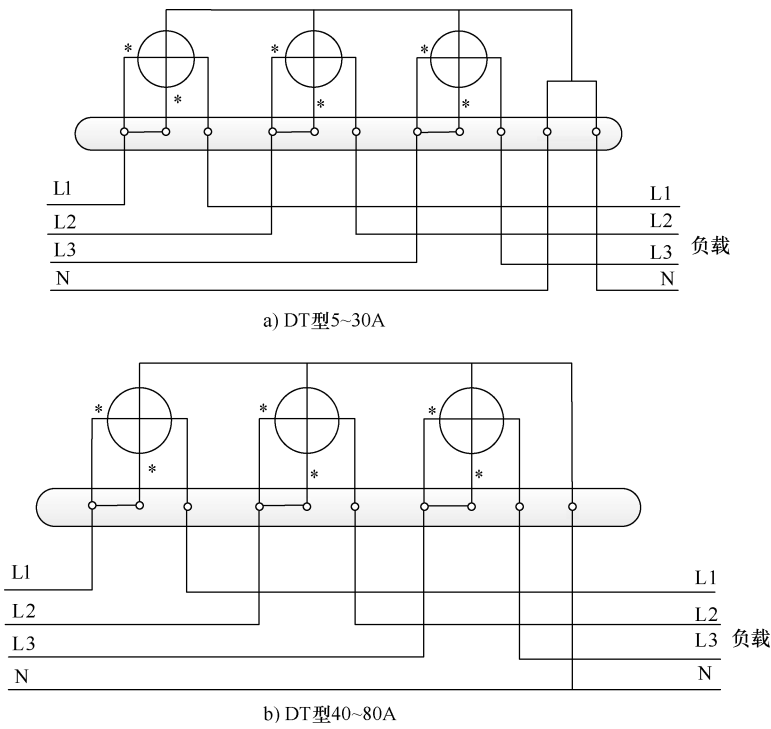


图 7-34 三相四线电能表直接接入的接线电路原理图

【测量电路4】 三相四线制有功电能表经电流互感器接入的接线方法
三相四线制有功电能表经 3 个电流互感器接入的接线电路原理图如图 7-35 所示。



行

学以致用，
攻坚克难

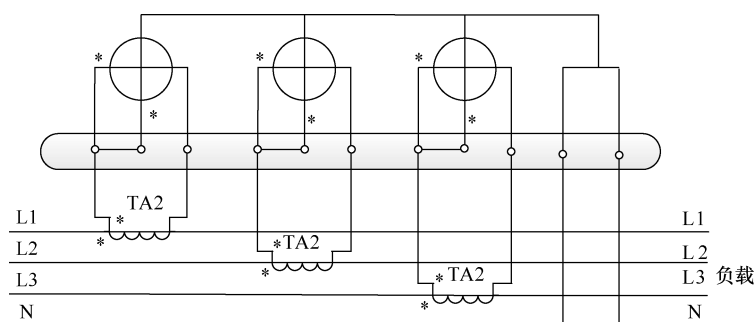


图 7-35 三相四线制有功电能表经 3 个电流互感器接入的接线电路原理图

7.4.3 三相无功电能测量电路图识图

移相 60° 的无功电能表测量电路如图 7-36a 所示，无功电能表的电压线圈串入适当的电阻，使流过电压线圈的电流与电压成 60° 的相位差，适用于测量三相三线制电路的无功电能。图 7-36b 所示为两元件三相无功电能表测量电路，适用于三相三线制或不平衡电路的无功电能的测量。

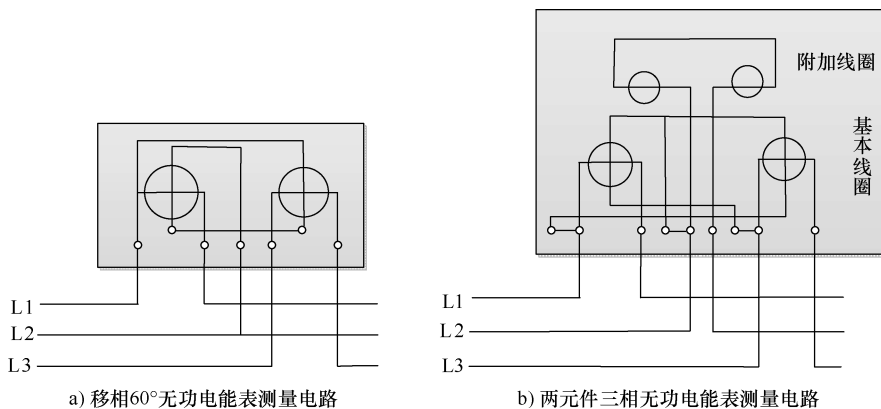


图 7-36 无功电能测量电路

7.5 我来做——电工测量电路识图



习题 7

- 7.1 测量直流电流时应注意哪些问题？
- 7.2 测量交流电流时应注意哪些问题？
- 7.3 简述电流互感器的接线方法。
- 7.4 测量直流电压时应注意哪些问题？
- 7.5 测量交流电压时应注意哪些问题？
- 7.6 简答单相电能表的接线方法。

供配电系统电气图识图



8.1 供配电系统概述

1. 变电所与配电所

【需要了解 1】 变电所的任务

变电所的任务主要是“变换”电压，即接受电能、变换电压。变电所的主要设备有电力变压器等。

【需要了解 2】 配电所的任务

配电所的任务主要是“分配”电压，即接受电能、分配电压。配电所除了可能有自用电变压器外是没有其他电力变压器的。

变电所与配电所的主要设备有引入线（架空线或电缆线）、各种开关电器（如隔离开关、断路器、刀开关）、母线、互感器、避雷器和引出线等。

2. 电力系统

由不同电压等级的电力线路，将各种发电厂、变电所和电力用户联系起来，组成的发、输、变、配、用电的整体，称为电力系统。供配电结构示意图如图 8-1 所示。

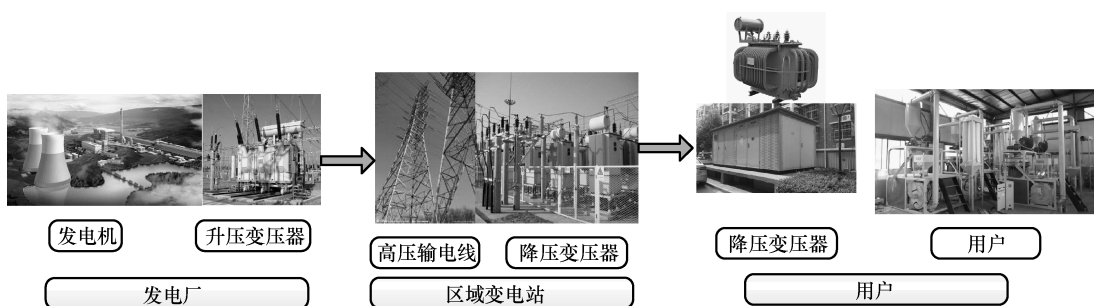
在整个电力系统中，发电厂发出的电压是比较低的，输变电的任务就是通过总升压变电站升压，使电压达到高压或超高压，然后通过超高压输电线路将电能输送到工厂或市区。当电能输送到工厂或市区时，在通过区域变电站降压，将电压降为 6 ~ 10kV，再通过次高压配电线路将电能输送到各个单位用电户。各单位用户通过第二次降压，使电压变为 220V/380V 低压，最后通过低压配电箱将电能输送到各个用电设备。

发电厂、电力网及电能用户组成的供配电系统如图 8-2 所示。

从图 8-2 所示可以了解到供配电系统由高压供电（电源系统）、配电站（配电站）、低压配电线路和用电设备等组成。

一般大型或特大型建筑设有总降压变电站，把 35 ~ 110kV 电压降为 6 ~ 10kV 电压，向各楼宇小变电站供电。小变电站再把 6 ~ 10kV 电压降为 380V/220V，为低压用电设备供电。如有 6kV 高压用电设备，再经配电站引出 6kV 高压配电线路送至高压设备。

一般中型建筑由独立系统的 6 ~ 10kV 电压高压供电，经高压配电站送至各建筑物变电站，经变电站把电压降为 380V/220V 送至低压用电设备。



我国的三相交流发电机的电源等级有400V/230V、3.15kV、6.3kV、10.5kV、13.8kV、15.75kV、18kV等多种

国家标准中规定高压输电的电源等级为35kV、110kV、220kV、330kV、500kV等

国家标准中规定，市区输电电压为6~10kV

发电厂可分为火力、风力、水力、原子能、太阳能、沼气等几种发电厂

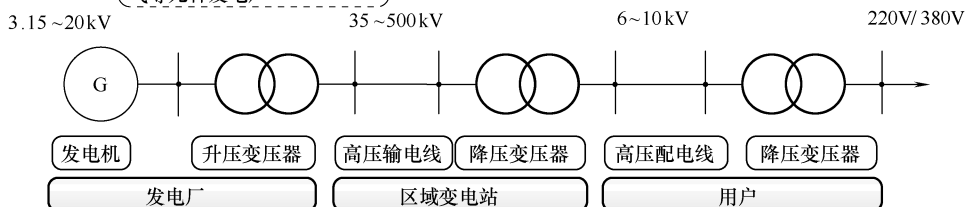


图 8-1 供配电结构示意图

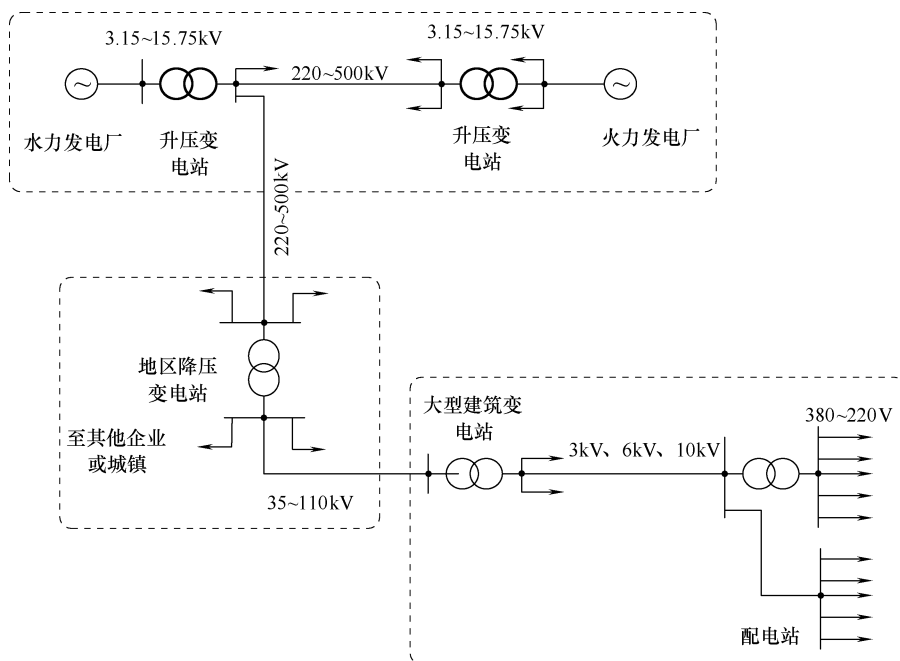


图 8-2 发电厂、电力网及电能用户组成的供配电系统



行

学以致用，攻坚克难

一般小型建筑, 只有一个 $6 \sim 10\text{kV}$ 降压变电站, 使电压降为 $380\text{V}/220\text{V}$ 供给低压用电设备。

一般用电设备用电在 $250\text{kV} \cdot \text{A}$ 或需用变压器容量在 $160\text{kV} \cdot \text{A}$ 及以下时, 可以采用低压方式供电。

8.2 配电线路及其主要组成部件

8.2.1 配电线路

配电线路如图 8-3 所示, 配电线路一般可分为 $6 \sim 10\text{kV}$ 高压配电线路和 $220\text{V}/380\text{V}$ 低压配电线路。

高压配电线路主要包括总降压变电站、高压配电站、车间或建筑物变电站等。总降压变电站是将来自电力系统中的 $35 \sim 110\text{kV}$ 的供电电源电压降为 $6 \sim 10\text{kV}$ 高压配电电压, 供给下一级; 高压配电站是将 $6 \sim 10\text{kV}$ 的电压, 再分配到下一级车间或建筑物变电站和高压用电设备。车间或建筑物变电站是将 $6 \sim 10\text{kV}$ 的电压降为 $220\text{V}/380\text{V}$, 供给低压用电设备使用。其主要是由动力变压器和各种低压电气设备构成的。

低压配电线路主要是将车间变电站的 $220\text{V}/380\text{V}$ 低压供给低压用电设备。

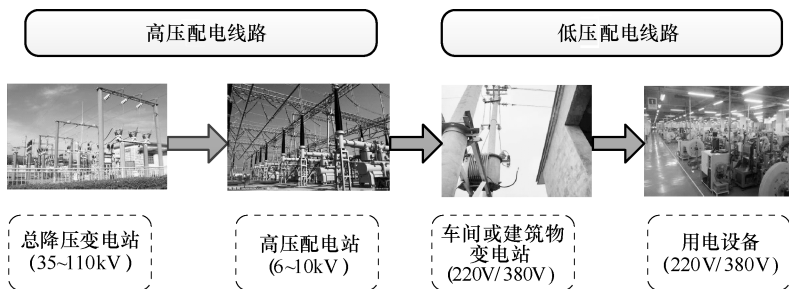


图 8-3 配电线路

8.2.2 配电线路的主要组成部件

1. 高压电气设备

高压电气设备是指供配电线路中 $6 \sim 10\text{kV}$ 电压所经过的电气设备, 主要包括有高压断路器、高压隔离开关、高压熔断器、电流互感器、高压补偿电容器、避雷器等。供配电线路常见的高压电气设备如图 8-4 所示。

2. 低压电气设备

低压电气设备是指线路中 $220\text{V}/380\text{V}$ 电压供电电气设备, 主要有低压刀开关、低压熔断器、低压断路器 (空气开关或漏电保护器)、电能表等, 如图 8-5 所示。

3. 变压器

变压器是供配电系统中实现电能输送、电压变换的器件。在远程传输时, 将发电厂输出的电压升高, 以较少电力传输过程中的损失, 便于长途输送电力。在用电的地方, 变压器将高压降低, 供用电设备和用户使用。图 8-6 所示是电力变压器。



『行』

学以致用，
攻坚克难

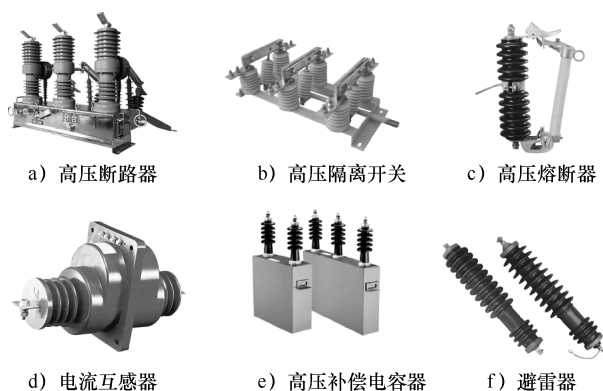


图 8-4 供电线路常见的高压电气设备

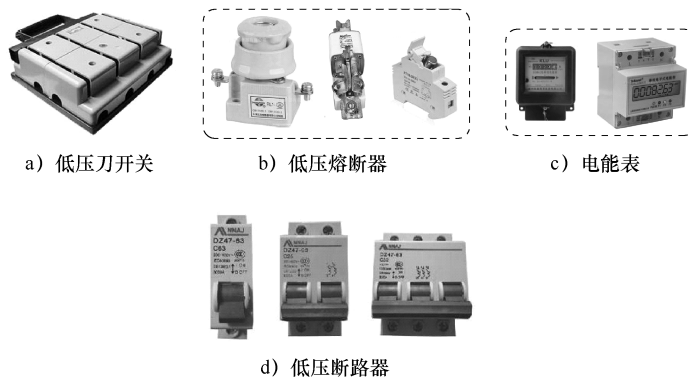


图 8-5 低压电气设备

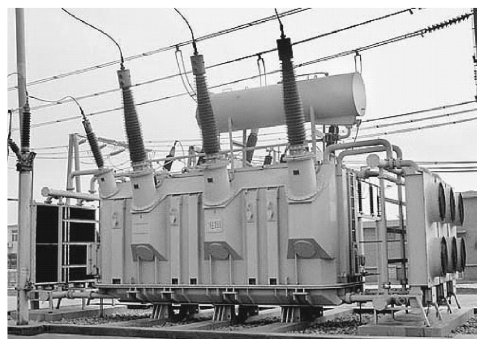
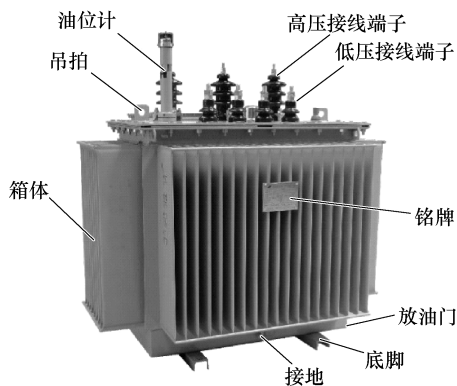


图 8-6 电力变压器



『行』

学以致用，攻坚克难

8.3 电气主接线的的基本接线形式

8.3.1 电气主接线的的基本形式

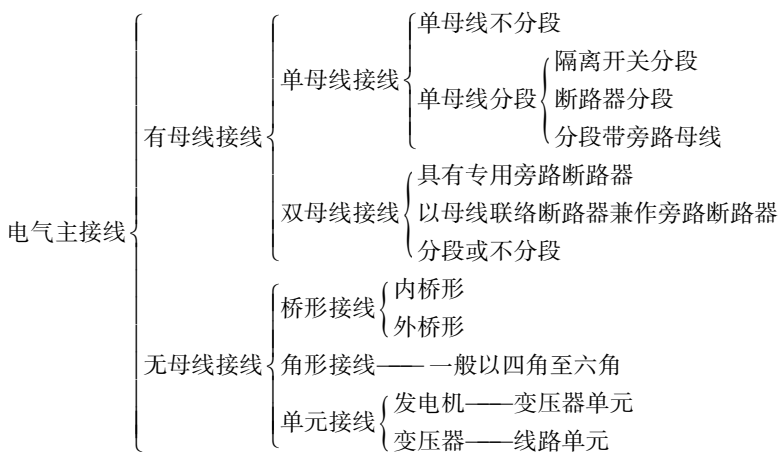
变电站的电气主接线是变电所接受电能、变换电压和分配电能的电路。它表示地区变电所电源→变压→各负载（车间等）的变换过程，且由引入导线、变压器、各种开关电器、母线、互感器、避雷器等和载流导体连接组成；而配电站只担任接受电能和分配电能的任务，因此，它只有电源引入→各负载两个环节。

供配电系统中承担接受电能、变换电压、输送电能和分配电能任务的电路，称为一次回路（一次电路）或一次接线或主接线。采用国家统一规定的电气图形符号和文字符号表示其电路构成、功能、工作原理、设备相互位置及连接关系的电路图称为一次电路图，又称电气主接线图。

为保证一次回路正常、安全地运行而装设的控制、保护、测量、监视、指示及自动装置的电路称为副电路，又称为二次回路（次电路）。二次回路中的设备，如控制开关、按钮、脱扣器、继电器和各种测量仪表等，称为二次设备。

电气主接线图一般都用单线图表示，即一根线就代表三相。但在三相接线不同的局部位置要用三线图表示，如最为常见的接有电流互感器的部位（因为电流互感器的接线方案有一相式、两相式和三相式）。

变配电所电气主接线的形式较多，基本形式如下：



【各种母线】 母线及分类

母线又称汇流排，一般由铝排或铜排构成。它可分为单母线、单母线分段和双母线。一般对单回进线的变配电所都采用单母线；对于双回进线的，可采用单母线分段式或双母线式。采用单母线分段时，双回进线就分别接在两段母线上。当有一回进线出现故障或检修时，通过联络开关的闭合，就可使另一段母线带电，以保证供电的可靠性。但当其中一段母线出现故障或检修时，与其相连接的配电支路就要停电。为了进一步提高供电可靠性（对于一级负荷而言），就必须采用双母线。当然，采用双母线会使开关设备的用量增加一倍左右，投资增加很多。



『行』

学以致用，
攻坚克难

8.3.2 几种母线连接形式识图

1. 单母线连接形式

【实用电路1】 单母线不分段接线的识读

各电源和出线都接在同一条公共母线上，其电源在发电厂是发电机或变压器，在变电站是变压器或高压进线回路。为了使众多的接线清楚明了，必须采用母线，母线在图中用黑体粗线表示。单母线不分段接线的电路如图8-7所示。

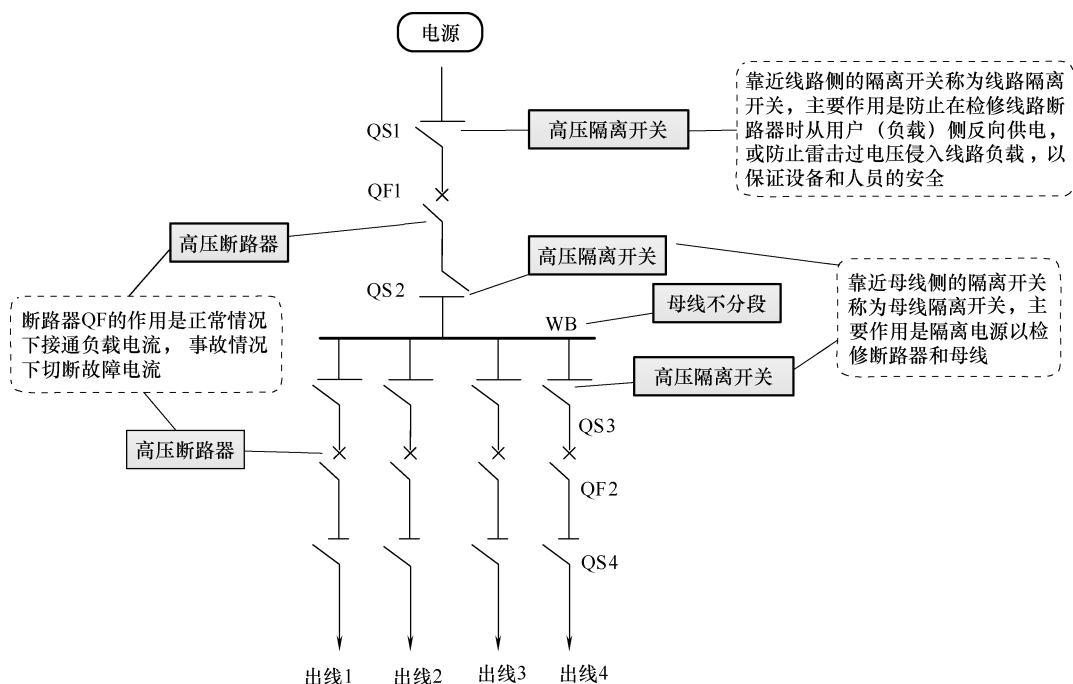


图8-7 单母线不分段接线的电路

(1) 单母线接线的特点

简单、清晰、设备少、投资小、运行操作方便，有利于扩建和采用成套配电装置。

母线或母线隔离开关检修时，连接在母线上的所有回路都将停止工作；当母线或母线隔离开关上发生短路故障或断路器靠近母线侧绝缘套管损坏时，所有断路器都将自动断开，造成全部停电；检修任一电源或出线断路器时，该回路必须停电。

(2) 单母线接线对出线的要求

单母线接线方式，10kV 出线一般不超过5回，35kV 出线不超过5回，110~220kV 出线不超过2回。

(3) 单母线的联锁

隔离开关与断路器必须实行联锁操作，以保证隔离开关“先通后断”，不带负荷操作。如出现4送电时，必须向合上QS3、QS4，再合上断路器QF2；如停止供电，须先断开QF2，然后再断开QS3、QS4。

【实用电路2】 单母线分段接线的识读



『行』

学以致用，攻坚克难

出线回路数增多时,可用断路器或隔离开关将母线分段,成为单母线分段接线,如图8-8所示。根据电源的数目和功率,母线可分为2~3段。

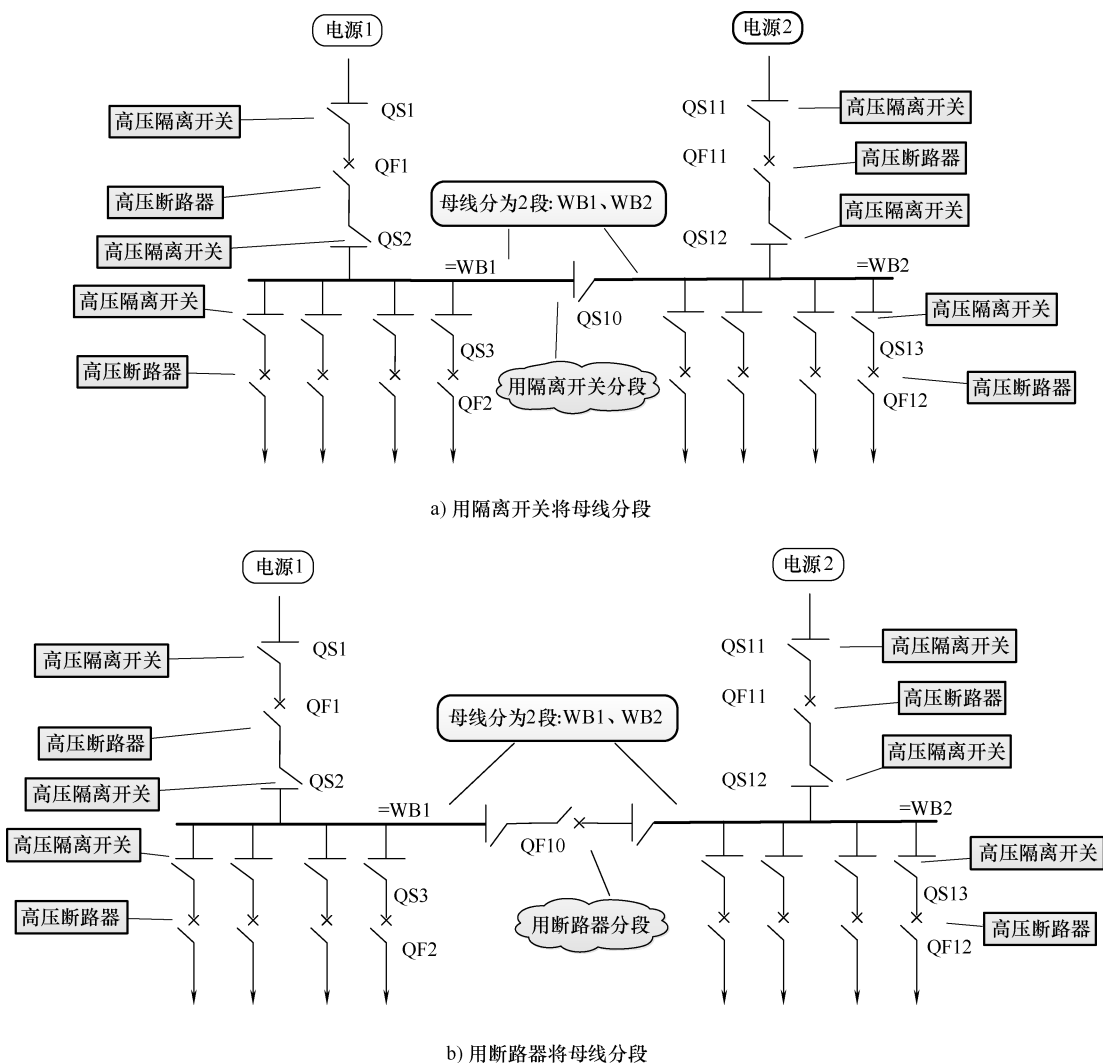


图8-8 单母线分段接线的电路图

(1) 单母线分段接线的优点

该接线方式由双电源供电,故供电可靠性高,同时具有接线简单、操作方便、投资少等优点。若某一段母线发生故障或主变压器停电时,可将两段母线间的断路器(母线断路器)闭合(即进行倒闸操作),则可将故障线路接入另一台主变压器中,保证正常母线不间断供电,不致使重要的用户停电,提高了供电的可靠性。倒闸操作示意图如图8-9所示。

(2) 单母线分段接线的缺点

当一段母线或母线隔离开关故障或进行检修时,必须断开接在该分段上的全部电源和出线,这样就减少了系统的发电量,并使该段单回路供电的用户停电;任一出线断路器检修时,该回路必须停止工作。



『行』

学以致用, 攻坚克难

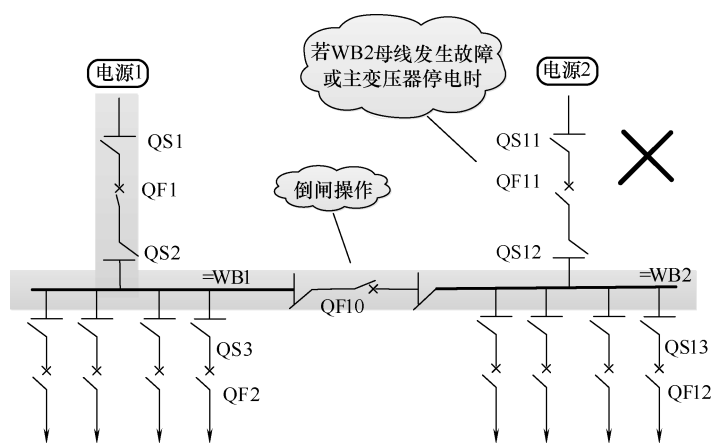


图 8-9 WB2 母线发生故障或主变压器停电时倒闸操作示意图

【实用电路 3】带旁路母线的单母线接线

单母线分段接线，不管是用隔离开关分段还是用断路器分段，在母线检修或故障时，都避免不了使接在该母线的用户停电。另外，单母线接线在检修引出线断路器时，该引出线的用户必须停电（双回路供电用户除外）。为了克服这一缺点，可采用单母线加旁路接线。

单母线带旁路接线方式如图 8-10 所示，增加了一条母线和一组联络用开关电器、多个线路侧隔离开关。

当对出现断路器 QF3 检修时，先闭合隔离开关 QS7、QS4、QS3，再闭合旁路母线断路器 QF2，将 QF3 断开，打开隔离开关 QS5、QS6；出线不需要停电就可以进行断路器 QF3 的检修，保证供电的连续性。

这适用于配电线路较多、负载性质较重要的主变电站或高压配电站。该运行方式灵活，检修设备可以利用旁路母线供电，减少停电。

【实用电路 4】单母线桥式接线的识读

高压用户如果采用双回路高压电源进线，有两台电力变压器终端或总降压变电所母线的连接，则采用桥形接线，如图 8-11 所示。因为它是连接两个 35 ~ 110kV 变压器组的高压侧，呈“桥状”，所以称之为“桥形”（或桥式）接线。根据连接“桥”的位置不同，分为内桥形和外桥形两种。

内桥式是指断路器跨接在进线断路器的内侧，靠近变压器；外桥式是指断路器跨接在进线断路器的外侧，靠近电源侧。

2. 双母线连接形式

图 8-12 所示为双母线不分段接线。它有两组母线：一组为工作母线，一组为备用母线。每一电源和每一出线都经一个断路器和两组隔离开关分别与两组母线相连，任一组母线都可以作为工作母线或备用母线。两组母线之间通过母线联络断路器（简称母联断路器）连接。

（1）双母线接线优点

运行方式灵活，便于扩建；检修母线时，电源和出线都可以继续工作；检修任一回路母线隔离开关时，只需断开该回路；工作母线故障时，所有回路能迅速恢复工作；检修任一线路断路器时，可用母联断路器代替其工作。

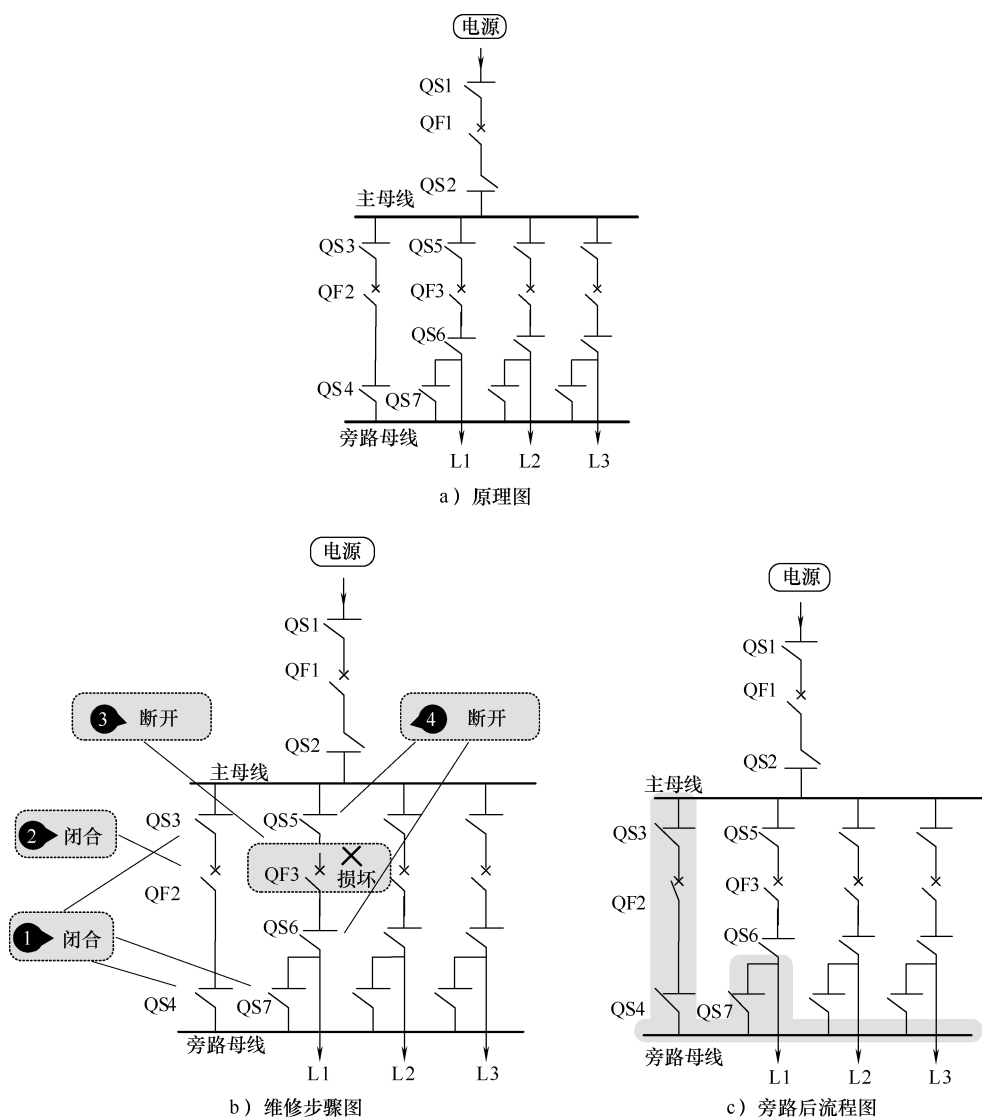


图 8-10 单母线带旁路接线方式

(2) 双母线接线缺点

当母线故障或检修时，需使用隔离开关进行倒闸操作，容易造成误操作；工作母线故障时，将造成短时（切换母线时间）全部进出线停电；在任一线路断路器检修时，该回路仍需停电或短时停电（用母联断路器代替线路断路器之前）；使用的母线隔离开关数量较大，同时也增加了母线的长度，使得配电装置结构复杂，投资和占地面积增大。

(3) 双母线接线适用范围

这种接线方式适用于供电要求比较高，出线回路较多的变电站，一般 35kV 出线回路为 8 回，110 ~ 220kV 出线为 4 回及以上的 220kV 母线。

3. 无回流母线的电气主接线

(1) 线路-变压器组单元接线



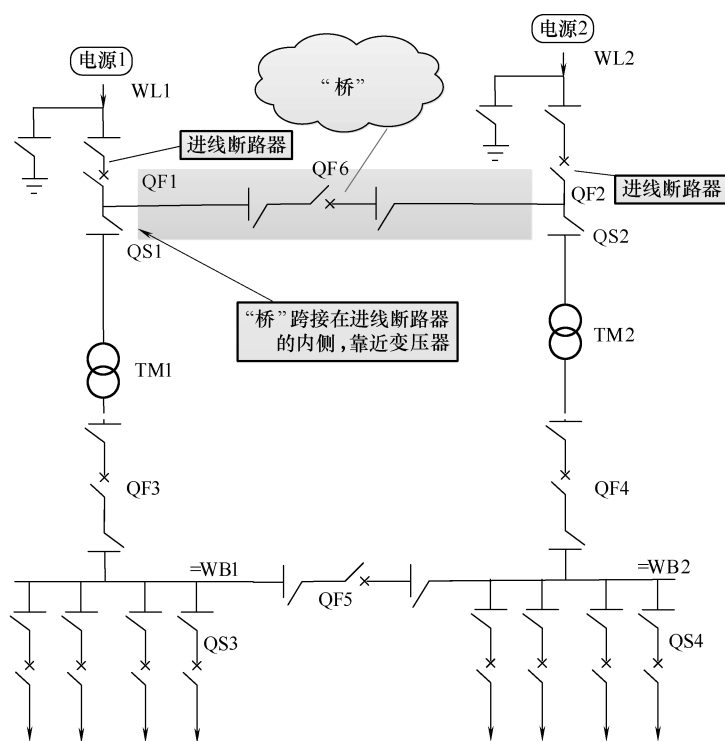
「行」

——学以致用，攻坚克难

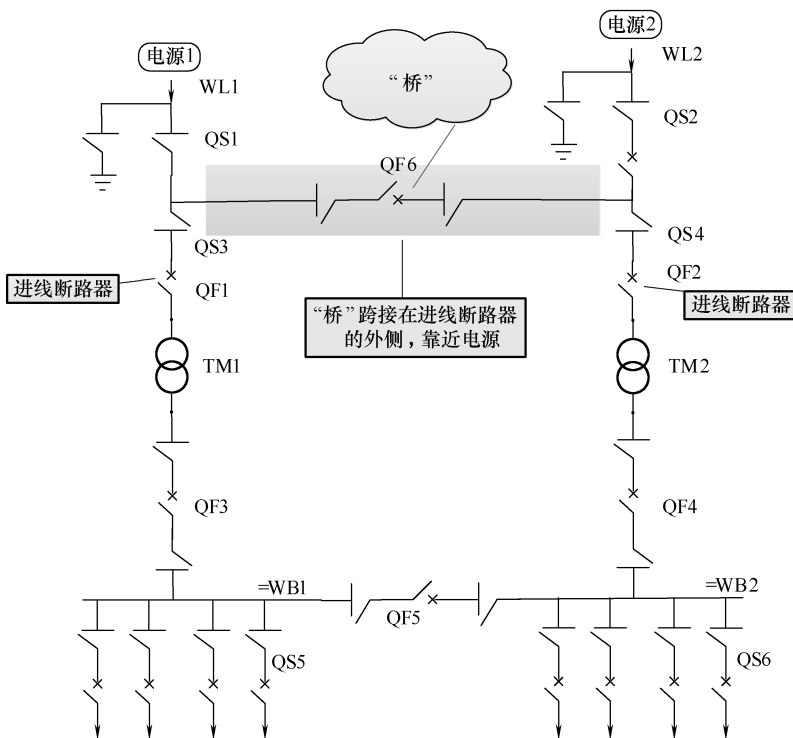


『行』

——学以致用，攻坚克难



a) 内桥式接线



b) 外桥式接线

图 8-11 母线桥形接线

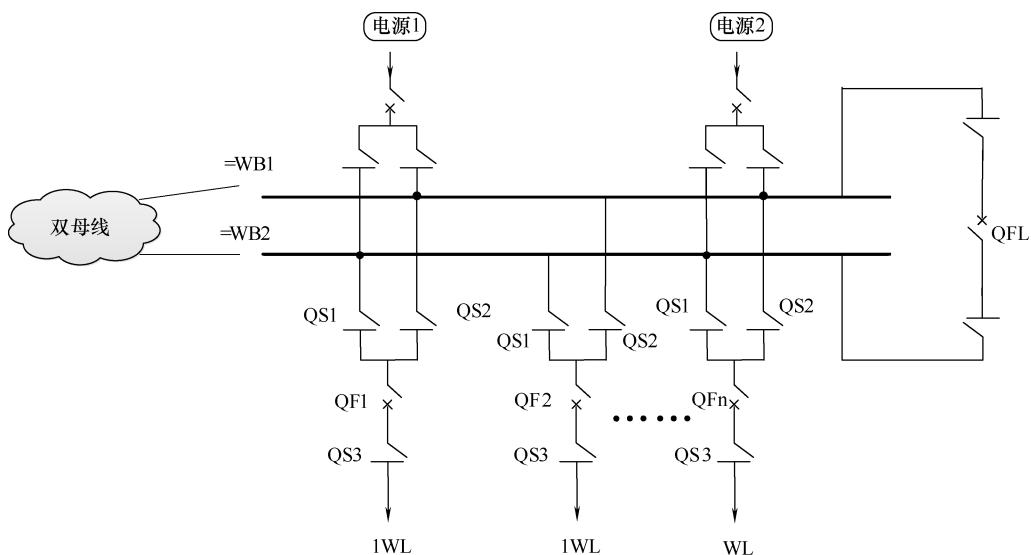


图 8-12 双母线不分段接线

在变配电所中，当只有一路电源进线和一台变压器时，可采用线路-变压器组单元接线，如图 8-13 所示。

根据变压器高压侧情况的不同，可以装设图 8-13 右侧所示三种不同的开关器组合。

1) 当电源侧继电保护装置能保护变压器且灵敏度满足要求时，变压器高压侧可只装设隔离开关。

2) 当变压器高压侧短路容量不超过高压熔断器断流容量，而又允许采用高压熔断器保护变压器时，变压器高压侧可装设跌落式熔断器或熔断器式负荷开关。

3) 在一般情况下，在变压器高压侧装设隔离开关和断路器。

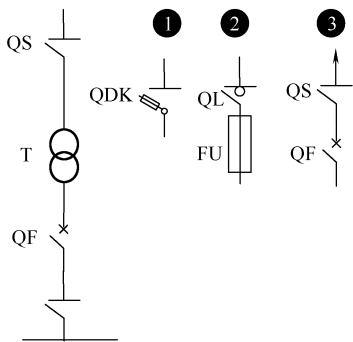


图 8-13 线路-变压器组单元接线

(2) 发电机-变压器组单元接线

发电机与变压器直接连接成一个单元，组成发电机-变压器组，称为单元接线。一般在 6~220kV 电压等级电气主接线中广泛应用。它接线简单，开关设备少，操作简单，并且因不设发电机电压及母线，使得在发电机和变压器低压侧短路时，短路电流相对于具有母线时有所减小。

发电机直接经变压器接入高电压系统的接线，称为发电机-变压器组单元接线。实际上，这种单元接线往往只是电厂主接线中的一部分或一条回路。

图 8-14a 和 b 所示是发电机-变压器单元接线。此外，还可以接成发电机-自耦变压器单元接线、发电机-变压器-线路组单元等形式。

单元接线的优点是接线简单清晰、投资小、占地少、操作方便、经济性好，由于不设发电机电压母线，减少了发电机电压侧发生短路故障的概率，是大型发电机组广为采用的接线形式。



行

学以致用，
攻坚克难

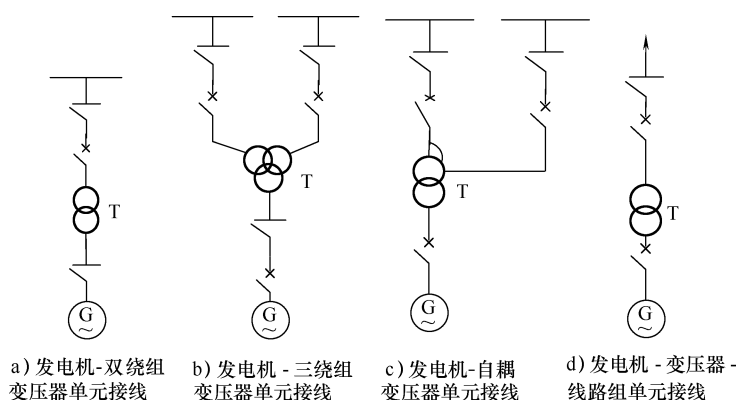


图 8-14 单元接线图

为了减少变压器及其高压侧断路器的数量，节约投资与占地面积，可采用图 8-15 所示的发电机-变压器扩大单元接线和发电机-变压器扩大单元接线。扩大单元接线的缺点是运行灵活性较差。

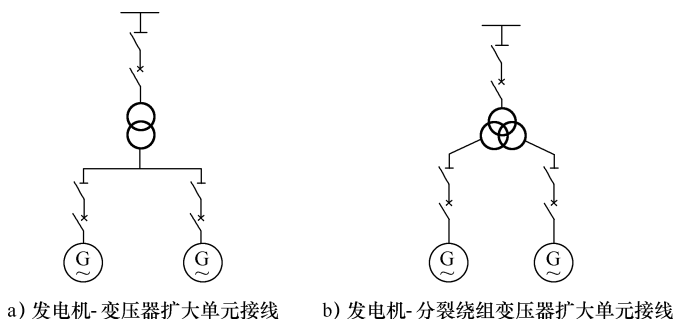


图 8-15 扩大单元接线

此外，扩大单元接线的主变压器容量要与电力系统的总容量和备用容量相适应，一般不大于系统总装机容量的 10%，并要满足主变压器故障或检修时系统稳定运行的要求。

8.3.3 配电线路的连接方式识图

工厂高低压配电系统承担厂区内高压（大多为 6~10kV）和低压（220V/380V）电能传输和分配的任务。配电系统的接线方式有三种基本类型：反射式、树干式和链式和环形。

1. 放射式接线

图 8-16a 和 b 所示分别为高、低压放射式接线示意图。其特点是每个负荷单独供电，即每个用户由独立线路供电。

优点：专用线，用户之间互不影响，供电可靠性较高，便于装设自动装置。线路故障时影响范围小，因此可靠性较高，控制灵活，易于实现集中控制。

缺点：开关数量多，投资大。线路故障检修时需全线停电。线路多，有色金属消耗量大，不适应发展。

2. 树干式接线

图 8-17 所示是树干式接线，其特点是多个负荷由一条干线供电，即由变配电所高压母



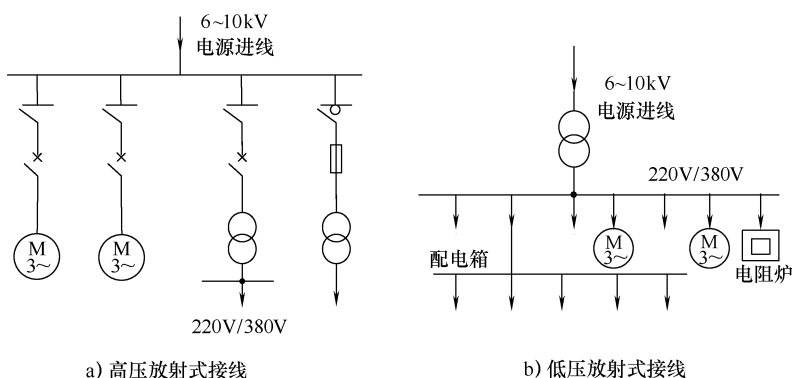


图 8-16 放射式接线

线上引出的每路高压配电干线上均沿线连接了数个负载点的接线方式。

优点：减少线路有色金属消耗量；开关数量少，投资小，易于适应发展，增加用户时不必另外增加线路。

缺点：干线故障检修，所有负荷全部停电，自动化程度适应性差，因此供电可靠性较低，且操作、控制不够灵活方便。

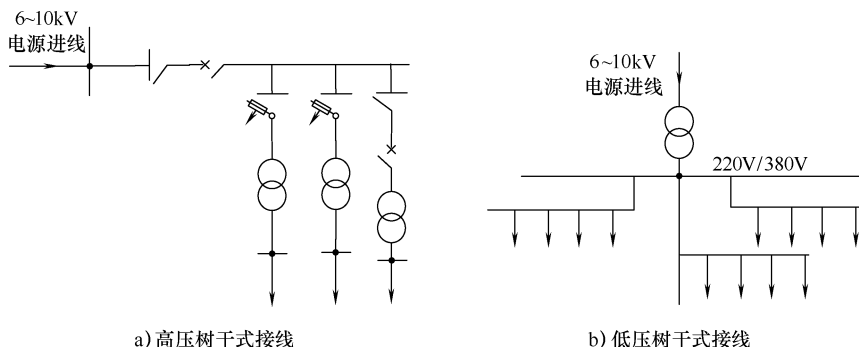


图 8-17 树干式接线

3. 链式接线

低压链式接线如图 8-18 所示。该线路的特点是为后面设备电源引自前一设备的端子；适用于暗敷线路，不重要的小容量设备。用电设备台数不能超过 5 台、配电箱不能超过 3 台，且总容量不宜超过 10kW。

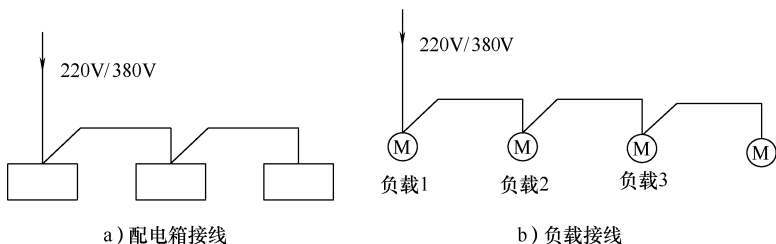


图 8-18 低压链式接线



『行』

学以致用，攻坚克难

优点：线路上无分支点，适合穿管敷设或电缆线路，节省有色金属消耗量。

缺点：线路检修或故障时，相连设备全部停电，因此供电可靠性较低。

4. 环形接线

图 8-19 所示为高压、低压环形接线。环形接线金属由两条线路（或两个电源）同时向同一负荷供电的方式。其特点是运行灵活、供电可靠性高，但使用开关设备及有色金属材料多、投资高。

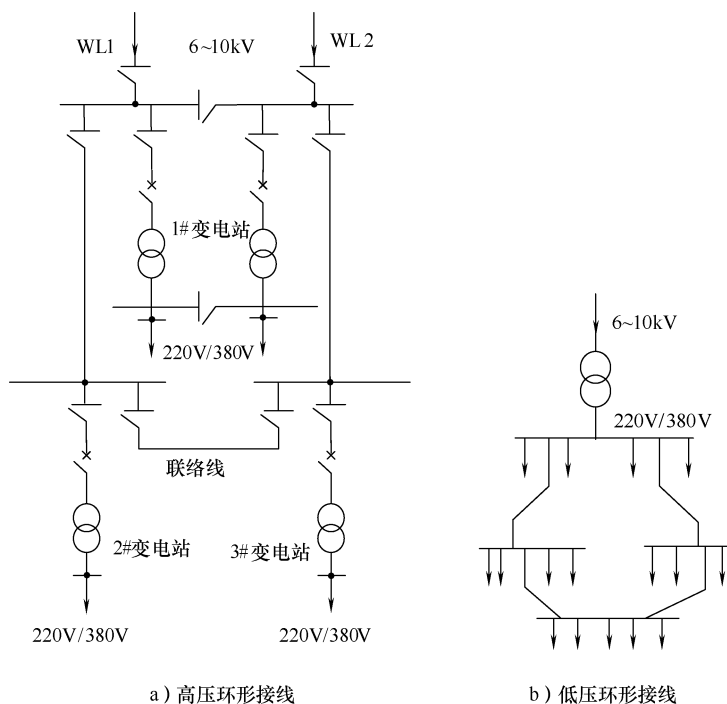


图 8-19 环形接线

优点：环形式供电可靠性高，任何一条线路出现过载或进行检修时均不影响供电中断。

缺点：供电线路造价高，继电保护装置及整定比较麻烦，如果配合不当容易发生误动作，反而扩大故障时的停电范围。

【需要注意】 环形接线一般是开环运行

为了避免环形线路发生故障影响整个电网的供电，为了便于实现线路保护的选择性，大多数环形线路往往采用的是开环运行，一旦发生故障，可把故障线路切开，投入闭环。对于重要的用电设备或用户，可设一路进线为正常电源，另一路接线为备用电源，并装设备用电自动投入装置。

环形供电的闭环配电如图 8-20 所示。

图 8-20a 所示是开环状态下的正常供电情况，当 1 号、2 号双进线电源都正常时，WL1、WL2、T1、T2 都正常时，可把 QS1、QS2 隔离器断开，各自以放射式向相应的支路负载供电。

假如 1#供电线路出现故障时，“闭环 QS1”就可以提供给 T1 的电源，如图 8-20b 所示。

假如 WL1 或 T1 出现故障时，“闭环 QS2”，T2 电源就可以向 T1 的负荷供电，如图 8-20c 所示。

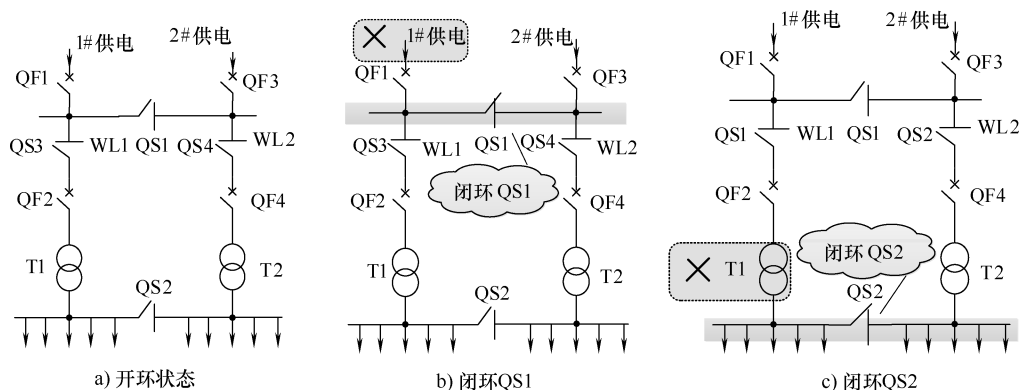


图 8-20 环形供电的闭环配电

8.4 主接线图识图

8.4.1 变配电站电气主接线图识图步骤

拿到图样后，首先要仔细阅读图样的主标题栏和有关说明，如图样目录、技术说明、电器元件明细表、施工说明书等，结合已有的电工知识，对该电气图的类型、性质、作用有一个明确的认识，从整体上理解图样的概况和所要表述的重点。变配电站电气主接线识图步骤如表 8-1 所示。

表 8-1 变配电站电气主接线识图步骤

步 骤	内容和方法
1. 先看图样说明	主要包括目录、技术说明、设备材料明细表和设计、施工说明书。由此对工程项目设计有一个大致的了解，这有助于抓住识图的重点内容。然后，从标题栏、技术说明到图形、元器件明细表，从整体到局部，从电源到负载，从主电路（一次回路）到辅助电路（二次回路）
2. 先主电路后辅助电路	先分清主电路和辅助电路，交流部分和直流部分，然后按照先主后辅的顺序读图：主电路一般从上到下由电源经开关设备，到输配电导线直到负载；辅助电路也是从电源开始，然后依次看各个部分对主电路的控制、保护、测量及指示功能
3. 阅读安装接线图的原则	先主后辅。读主电路部分要从电源引入端开始，经开关设备、线路到用电设备；辅助电路阅读也是从电源出发，按照元器件连接顺序依次分析。由于安装接线图是由接线原理图绘制出来的，因此，看安装接线电路图的时候，应结合接线原理图对照阅读。此外，对回路标号、端子板上内外电路的连接的分析，对识图也有一定的帮助
4. 看展开接线图	结合电气原理图阅读展开接线图时，一般先从展开回路名称，然后从上到下、从左到右地阅读。但是，展开图的回路在分析其功能时往往不一定按照从左到右、从上到下的顺序动作，很多是交叉的，所以要特别注意：展开图中同一种电气元件的各部件是按照功能分别画在不同的回路中，同一电气元件的各个部件均标注统一项目代号，器件项目代号通常由文字符号和数字编号组成，读图时要注意这些元件各个部件动作之间的关系 但要注意，一些展开图中的回路在分析其功能时往往不一定是按照从左到右、从上到下顺序动作的，也可能是交叉的



『行』

学以致用，攻坚克难

(续)

步 骤	内容和方法
5. 看平面、剖面和布置图	看电气图时,要先了解土建、管道等相关图样,然后看电气设备的位置,由投影关系详细分析各设备具体位置尺寸,搞清楚各电气设备之间的相互连接关系、线路引出、引入及走向等

变电站电气主接线的识图步骤如表 8-2 所示。

表 8-2 变电站电气主接线的识图步骤

步 骤	内容和方法
1. 了解变电站的基本情况	变电站在系统中的地位和作用,变电站的类型
2. 了解变压器的主要技术参数	主要技术参数包括额定容量、额定电流、额定电压、额定频率和连接组别等
3. 明确各个电压等级的主接线基本形式	主要包括高压侧(电源侧)有无母线,是单母线还是双母线,母线是否分段,还要看低压侧的接线形式
4. 检查开关设备的配置情况	一般从控制、保护、隔离的作用出发,检查各路进线和出线上是否配置了开关设备,配置是否合理,不配置能否保证系统的运行和检修
5. 检查互感器的配置情况	从保护和测量的要求出发,检查在应该装互感器的地方是否都安装了互感器;配置的电流互感器个数和安装相比是否合理;配置的电流互感器的副绕组及铁心数是否满足需要
6. 检查避雷器的配置是否齐全	如果有些电气主接线没有绘出避雷器的配置,则不必检查
7. 对电气主接线进行分析	按主接线的基本要求,从安全性、可靠性、经济性和方便性四个方面对电气主接线进行分析,指出优缺点,得出综合评价

变配电站配电装置图与电气主接线图有所不同,是一种简化了的机械装置图,在现场施工和运行维护中具有相当重要的作用。配电装置图一般包括配电装置式主接线图、配电装置的平面布置图、配电装置断面图。变配电站配电装置图的识图步骤如表 8-3 所示。

表 8-3 变配电站配电装置图的识图步骤

步 骤	内容和方法
1. 了解变配电站的基本情况	了解变配电站的作用、类型和地理位置,当地气象条件,变配电站位置的土壤电阻率和土质等
2. 熟悉变配电站的电气主接线和设备配置情况	首先在了解变配电站各个电压等级的主接线方式下,熟悉和掌握电源进线、变压器、母线、各路线路的开关电器、互感器、避雷器等设备的配置情况
3. 了解变配电站配电装置的总体布置情况	先阅读配电装置式主接线图,并仔细阅读配电装置的平面图,把两种图对照阅读,就能弄清楚配电装置的总体布置情况
4. 明确配电装置的类型	阅读配电装置图中的断面图,明确该配电装置是屋内、屋外还是成套的。如果是成套配电装置,要明确是高压开关柜、低压开关柜,还是其他组合电器。如果是屋内配电装置,要明确是单层、双层、还是三层的,有几条走廊,各条走廊的用途是什么;如果是屋外配电装置,要明确是中型、半高型还是高型



(续)

步 骤	内容和方法
5. 查看所有电气设备	在断面图上查看电气设备，认出变压器、母线、隔离开关、断路器、电流互感器、电压互感器、电容器、避雷器和接地开关等，进而还要判断出各种电器的类型；掌握各个电气设备的安装方法，所用构架和支架都用什么材料；如果有母线，要弄清单母线还是双母线，是不分段的还是分段的
6. 查看电气设备之间的连接	根据断面图、配电装置式主接线图、平面图，查看各个电气设备之间的连接情况。查看时，按电能输送的方向顺序进行
7. 查核有关的安全距离	配电装置的断面图上都标有水平距离和垂直高度，有些地方还标有弧形距离。要根据这些距离和标高，参照有关设计手册的规程，查核安全距离是否符合要求。查核的重点有带电部分与接地部分之间、不同相的带电部分之间、平行的不同时检修的无遮拦裸导体之间、设备运输时其外廊无遮拦带电部分之间

【答疑解惑】 区分图样的类型

当拿到票一张图样时，若看到有母线，就知道它是变配电站的主电路图；然后，在看看是否有电力变压器，若有电力变压器就是变电站的主电路图，如无则不是配电站的主电路图。

8.4.2 系统式主接线图识图

这是按照电力输送的顺序依次安排其中的设备和线路相互连接关系而绘制的一种简图，如图 8-21 所示。它全面系统地反映出主接线中电力的传输过程，但是它并不反映其中各成套配电装置之间相互排列的位置。这种主接线图多用于变配电站的运行。通常应用的变配电站主接线图均为这一形式。

该图为系统式主接线图，需要在图中标出各设备的型号规格，按照电源进线、母线和出线三大部分。下边对各个部分做详细的识图分析。

【技巧点拨 1】 高压进线识图

该配电站有两路 10kV 电源进线：一路是架空线 WL1，另一路是电缆线 WL2。常见的进线方案是一路电源来自电力系统变电站，作为正常工作电源；而另一路电源则来自邻近单位的高压联络线，作为备用电源，用以提高供电可靠性。

系统中用到的高压电气设备有架空线、避雷器、电缆、高压隔离开关、高压熔断器、电流互感器、电压互感器、高压断路器。高压并联电容器对整个配电所进行无功补偿，高压电流互感器均有二个二次绕组，其中一个接测量仪表，另一个接继电保护装置。为了防止雷电过电压侵入配电所时击毁其中的电气设备，各段母线上都装设了避雷器。避雷器和电压互感器同装设在一个高压柜内，且共用一组高压隔离开关。

【基本规定】 《供电营业规则》规定

装置在 66kV 以下的电力用户处电能计量点的计费电能表，应设置专用的互感器。因此，在配电站的进线端装各装设一台 GG—1A—J 型高压计量柜，便于控制、计量和保护，其中的电流互感器和电压互感器只用来连接计费的电能表。

【技巧点拨 2】 母线识图

该高压配电站的高低电压母线，都采用单母线分段制。高压母线为 10kV，三相、截面积



『行』
——
学以致用，
攻坚克难

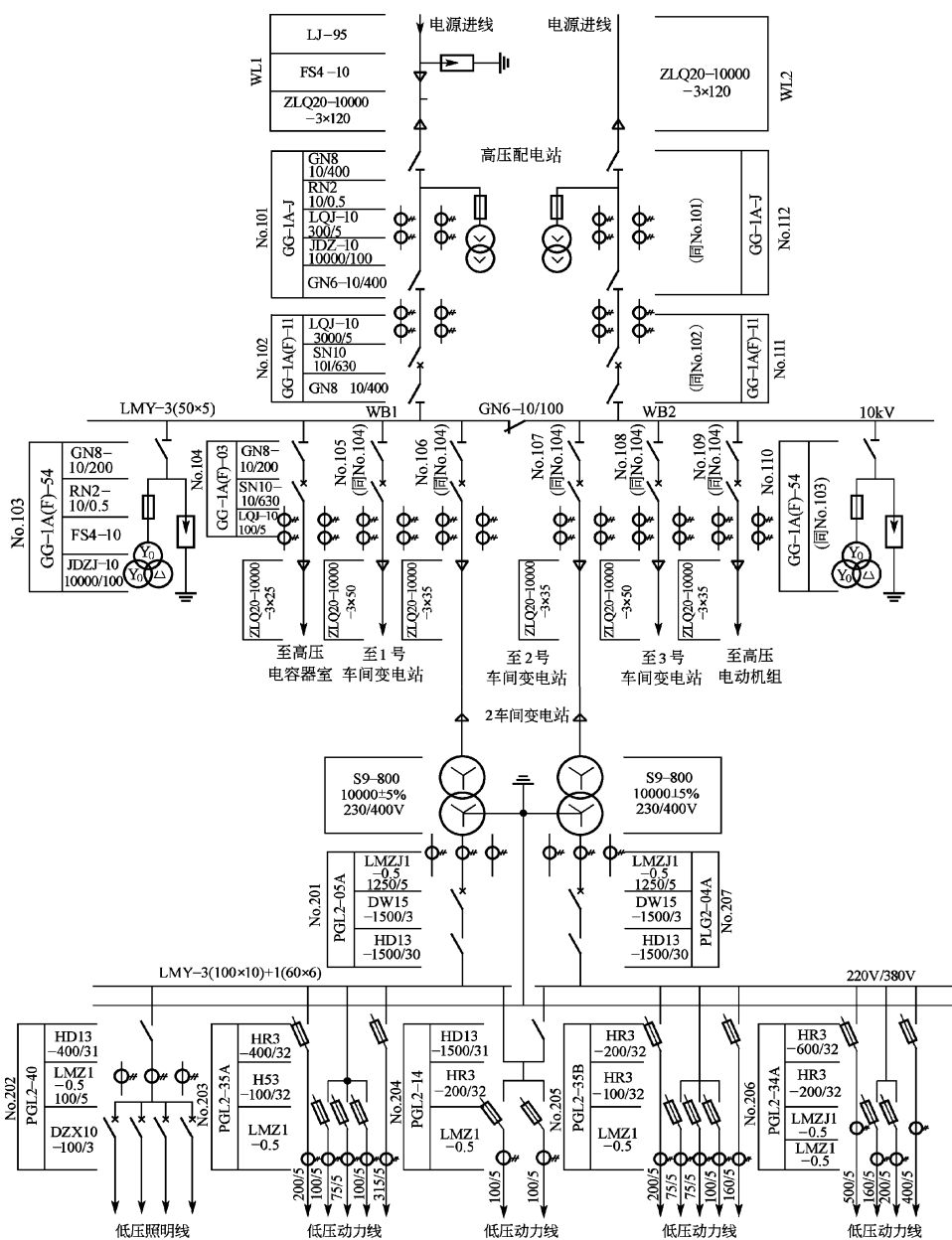


图 8-21 某企业供配电系统电气主接线图

为 50×5 ；通常一路电源工作、一路电源备用的运行方式，因此母线分段开关 GN6—10 通常是闭合的，也可采用专门的分段柜（也称联络柜），如 GG—1A（F）型柜实现。低压母线为 0.4kV，三相四线（相线截面积为 100×10 ，中性线 N 为 60×6 ），采用 HD13-1500 联结两段母线，通常也是闭合状态。如果工作电源发生故障或进行检修时，在切除该进线后，投入备用电源即可恢复对整个配电所的供电。

【技巧点拨 3】 识图高压配电出线

该配电站共有 6 路高压配电出线。其中有两路分别由两段母线经隔离开关-断路器配电



给2号车间变电站；有一路由左段母线（WB1）经隔离开关-断路器供1号车间变电站；有一路由右段母线（WB2）经隔离开关-断路器供3号车间变电所；有一路由左段母线（WB1）经隔离开关-断路器供无功补偿用的高压并联电容器组；还有一路由右段母线（WB2）经隔离开关-断路器供组高压电动机用电。由于这里的高压配电线路都是由高压母线来电，因此其出线断路器需在其母线侧加装隔离开关，以保证断路器和出线的安全检修。

【技巧点拨4】 识图变压器

2号车间变电所装设两台主变压器，规格为10kV/0.4kV，调压范围为 $\pm 5\%$ ，双绕组变压器，SN为800kV·A，高、低压绕组均为星形联结，中性点直接接地运行；装设两台主变可以减小单台的备用容量，也为后期扩展留有裕量；由于负载不是特别大，变压器选用了无载调压的油浸式电力变压器；而高低压母线均为单母线分段，任一台主变压器或任一路电源进线停电检修或发生故障时，通过切换操作，均可迅速恢复整个变电站的供电，因此供电可靠性相当高，可供一、二级负载。

【技巧点拨5】 识图低压配电出线

低压配电采用PGL系列低压配电屏分配电能，共有低压照明配电出线4回、低压动力配电出线16回。用到的低压电气设备有DZX10型低压断路器、HD10型低压刀开关、H53型低压刀熔开关、LMZJ型电流互感器、HR3型低压熔断器。

8.4.3 35kV/6~10kV 总降压变电站主接线图识图

35kV/6~10kV 总降压变电站主接线图如图8-22所示。

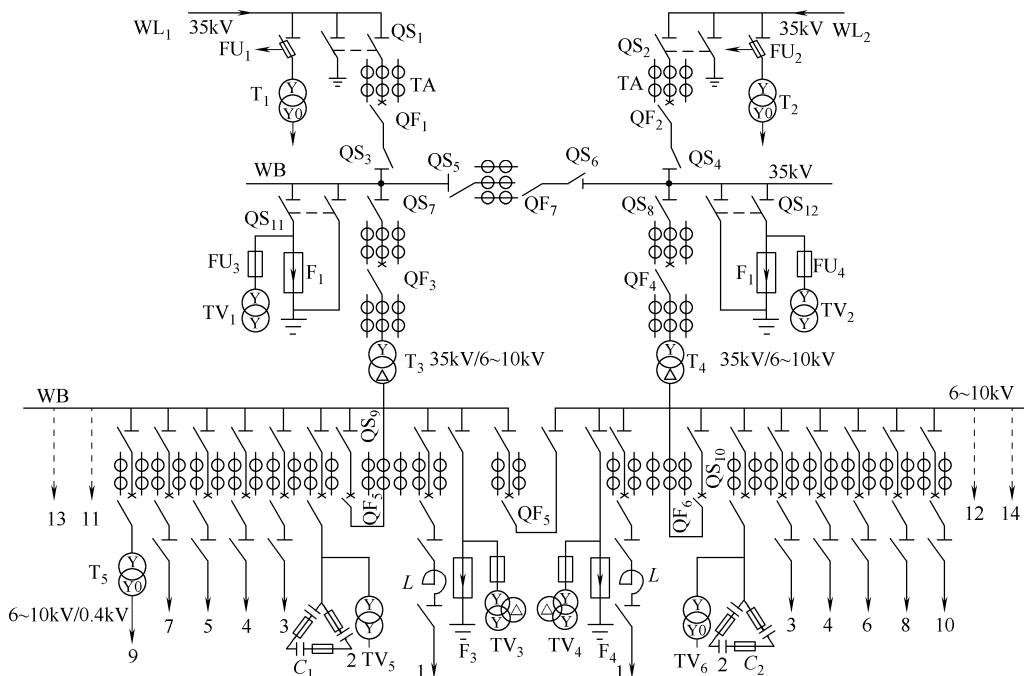


图 8-22 35kV/6~10kV 总降压变电站主接线图

- 1—需限制短路电流的一、二级负载 2—高压静电电容器 3、4—企业一、二级负载组
5~8—企业各三级负载 9—所内低压动力变压器 10—其他三类负载 11~14—备用出线柜

【技巧点拨 1】 电源引入电路识图

变电站由两个回路 WL1、WL2 (35kV) 架空或电缆线路引入,在电源进线处设置有 2 台小容量变压器 T1、T2 (35kV/0.4kV),同时由 2 台主变压器 T3、T4 (35kV/6 ~ 10kV) 降压。电力变压器 T3、T4 降压后送至 35kV 母线 WB,35kV 母线由断路器 QF7 分段。

【技巧点拨 2】 保护及计量电路识图

为了防止雷击入侵,在两段 35kV 母线上分别设置有避雷器 F1、F2。

为了提供测量信号,在两段 35kV 母线上分别设置有电压互感器 TV1、TV2,并在各 35kV 断路器上设置有电流互感器 TA。

此外,在 35kV 进线和避雷器处,均设置有带接地的刀隔离开关 QS1、QS2 和 QS11、QS12,以满足停电检修时安全作业的要求。

【技巧点拨 3】 母线特点

主变压器二次侧 6 ~ 10kV 采用单母线分段,用成套配电装置配电,其中分段用断路器 QF8。企业的一、二级负载,均由接在不同母线上的双回路供电。

三相电抗器 L 主要用来限制超过规定的电路电流。

【技巧点拨 4】 低压动力变压器电路的识图

低压动力变压器为 T5,其二次侧通过 0.4kV 电力,供变电站附近生产设施或管理区的低压负载用电。

【技巧点拨 5】 6 ~ 10kV 安全防护

F3、F4 为 6 ~ 10kV 级避雷器,用来应对沿 6 ~ 10kV 架空线路侵入的雷电过电压的危害,两段母线上各设置一组。

与三相五柱式电压互感器 TV3 (TV4) 同设于一个配电柜,其一组二次绕组供测量与保护用;另一组二次绕组各相接成开口三角形,为监视与接地保护装置提供零序电压信号。

【技巧点拨 6】 配电柜与出线的识图

35kV 总降压变电所无功补偿采用高压集中补偿的方式,即在两段 6 ~ 10kV 母线上设置一定数量的备用配电装置 (配电柜),就是图中的 11 ~ 14 等,以便在设备故障时能及时的替补,确保供电的可靠性。

各 6 ~ 10kV 出线,可采用架空或电缆,以一定的接线方式向车间及高压负载点变配电站供电。

8.4.4 两台 110kV 主变压器变电站主电路图的识图

两台 110kV 主变压器变电站主电路图如图 8-23 所示。

【技巧点拨 1】 电源进线电路的识图

两台主变压器一次侧的接线方法是相同的。两台主变压器各经断路器、电流互感器和隔离开关与电源相连,电源电压为 110kV。两台主变压器一次侧还通过“外桥”路接通或断开,以提高变电站供电的灵活性和可靠性。

在 110kV 电源的入口处,安装有避雷器、电压互感器和隔离开关,供保护、计量和检修之用。



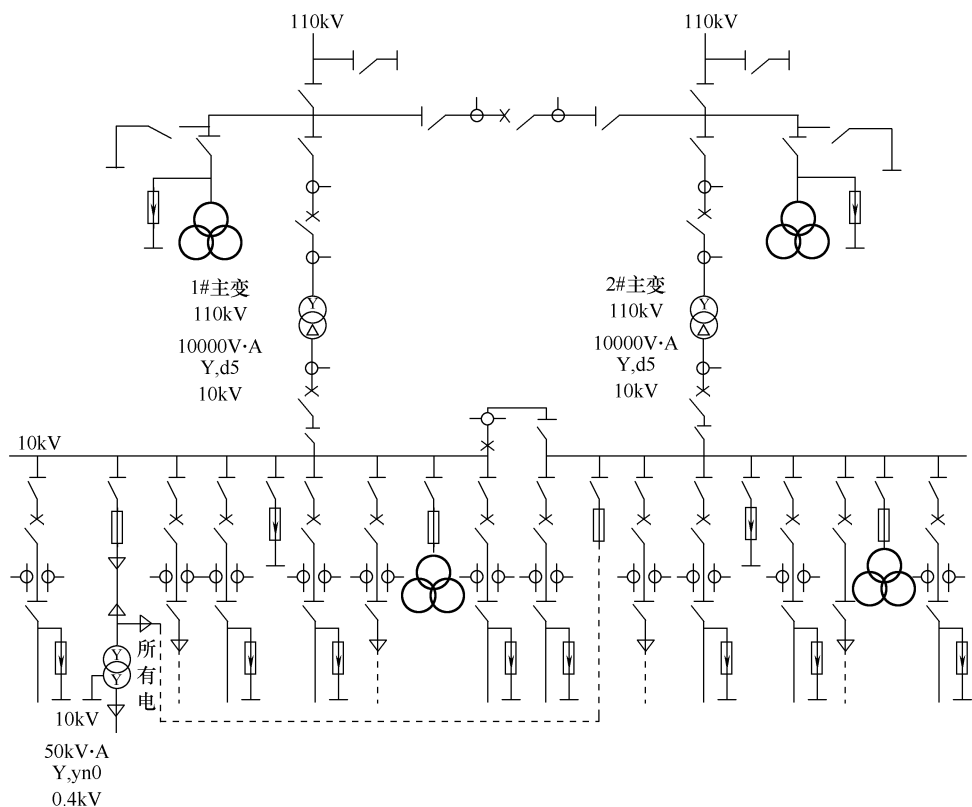


图 8-23 两台 110kV 主变压器变电站主电路图

【技巧点拨 2】 主变压器电路的识图

我们先看主变压器旁边的标注就可以知道，两台主变压器的一侧电压、二侧电压为 110kV 和 10kV，其容量都是 $1000\text{kV} \cdot \text{A}$ ，而且两台主变压器的接线组别也是相同的，都为 Y, d5 接线。由此可知，这两台主变压器既可以单独运行也可以并列运行。其电源进线为 110kV。

两台主变压器一次侧的接线方式是相同的。它们各经断路器、电流互感器和隔离开关与电源相连，电源电压为 110kV。

两台主变压器的二次侧出线经电流互感器和隔离开关，分别与两段 10kV 母线相连。分别与两段 10kV 母线相连。这两段母线由母线联络开关（由两个隔离开关和一个断路器组成）进行联络。正常运行时，母线联络开关处于断开状态，各段母线分别由各自变压器供电。当一台主变压器检修时，接通母线联络开关，于是两段母线合成一段，由另一台主变压器供电，从而保证不间断地向用户供电。

【技巧点拨 3】 配电出线

在每段母线上接有 4 条架空线路和 2 条电缆配电线路。在每条架空配电线路上都接有避雷器，以防止线路雷击损坏。变电所用电由所用变压器供给，这是一台容量为 $50\text{kV} \cdot \text{A}$ 、接线组别为 Y, yn0 的三相变压器，它可由 10kV 两段母线双路受电，以提高用电的可靠性。

此外，在两段母线上还各自接有电压互感器和避雷器，作为计量和防雷击保护作用。



『行』

学以致用，
攻坚克难

8.4.5 6~10kV/0.4kV 高压变配电站主电路图识图

6~10kV/0.4kV 高压变配电站主电路图如图 8-24a 所示，其主要元器件文字符号图如图 8-24b 所示。

识图步骤及顺序：电源进线→母线→电气设备→负载。

【技巧点拨】 识图分析

这是一种常见的高压侧无母线的电气线路主电路图，按照从上到下的顺序进行识图。

(1) 电源引入

由架空线路或电缆引入 6~10kV 电压→高压隔离开关 QS1→

{ 电压互感器 TV2、避雷器 F

{ 高压断路器 QF1→电流互感器 TA1→电力变压器 T1 高压侧

(2) 电力变压器 T1

电力变压器 T1 一次侧→二次侧输出低压 (0.4kV/0.23kV)→低压断路器 QF2→低压母线。

在变压器的高、低压侧均装有电流互感器和电压互感器，用作测量或保护。

(3) 低压母线

380V/220V 低压经低压母线后分成多路，再分别经低压刀开关 (QK1~QK3) 和熔断器或其他开关送至各用电设备。

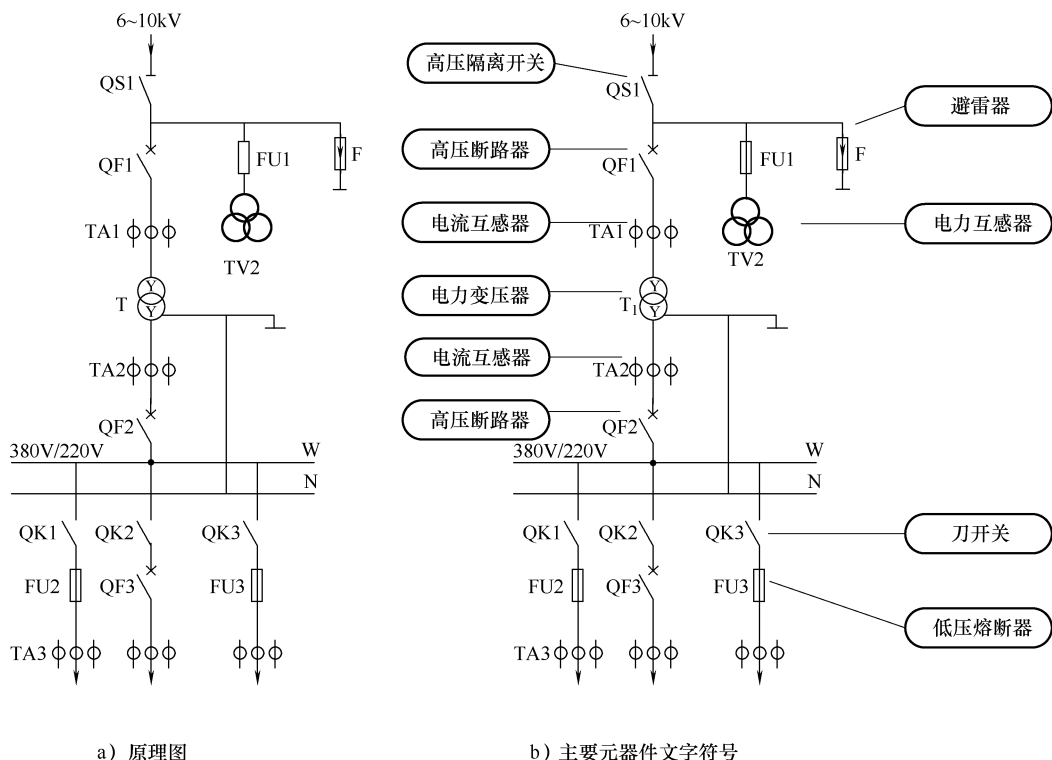


图 8-24 6~10kV/0.4kV 高压变配电站主电路图



『行』

——学以致用，攻坚克难

置专用的电能计量柜（箱）；对 35kV 及以上电压供电的用户，应有专用的电流互感器二次线圈和专用的电压互感器二次连接线，并不得与保护、测量回路公用。”

（3）所用电柜

2 号柜和 12 号柜为配电站用电柜（也可以接在电源进线上），主要供电给配电站内部二次系统的操作电源。

（4）进线开关柜

3 号柜和 11 号柜为进线开关柜，除馈电控制用，还可以作母线过电流保护和电流、功率及电能测量用。进线断路器两侧均设管理开关。

【技巧点拨 2】 母线的识图

母线为“单母线分段制”（1WB、2WB），分段开关在 7 号柜中。

在每段母线上都设置了电压互感器和避雷器，它们装在一个高压柜内（4 号柜和 10 号柜），并公用一组高压隔离开关，主要用于电压测量、监视和过电压保护。

【技巧点拨 3】 高压配电出线的识图

高压出线柜为 5 号、6 号、8 号、9 号，柜内的主要电气设备是隔离开关、断路器、电流互感器的组合。

由于出线开关柜只有一端受电，故只采用一个隔离开关即可，且安装在母线侧，用来保证高压断路器和出线的检修。

高压电容器柜(图中未画出) 对高压并联补偿电容器组进行控制和保护，高压并联电容器组用于对整个高压配电站的无功功率进行补偿。

8.5 二次接线图识图

8.5.1 二次接线图简介

二次系统的主要作用

变电站的二次系统又称为二次回路，主要包括控制与信号系统、继电保护与自动化系统、测量仪表与操作电源等部分。虽然二次系统是一次系统的辅助部分，但它对一次系统的安全可靠运行起着十分重要的作用。二次系统的主要作用如表 8-4 所示。

表 8-4 二次系统的主要作用

主要作用	详细内容
继电保护与自动装置	继电保护与自动装置由互感器、变换器、各种继电保护及自动装置、选择开关及其网络构成。它的作用是根据一次设备和系统的运行状态，判断其发生故障或异常时，自动发出跳闸命令而选择性地切除故障，并发出相应的信号；当故障或异常消失后，快速投入有关断路器，恢复系统正常运行 变电站所有一次设备和电力线路，随时都有可能发生短路故障现象，强大的短路电流将严重威胁电气设备和人身安全。为了防止事故蔓延并保证设备和人身安全，必须装设各种自动保护装置，使故障部分尽快与电源断开，这就是继电保护的主要任务



(续)

主要作用	详细内容
控制回路	变电站的主要控制对象是高压断路器和低压断路器等切合大电流的开关设备，由于它们的安装地点往往远离值班室（或控制室），因此需要实现远距离控制操作 控制回路由各种控制器具、控制对象和控制网络构成。控制回路按电源电压等级的不同，可分为强电控制和弱电控制。强电控制电压一般为直流 220V 或 110V，属于传统的控制电压；弱电控制电压一般为直流 48V 或 24V，可用于一对 N 的控制方式，易于计算机控制接口。由于断路器分、合闸需要取用一定的功率，所以需要 220V 和 110V。由此可以得出弱电控制实际上是通过中间继电器接通强电，从而实现对断路器的控制。控制回路的作用是对发电厂及变电站的开关设备进行远方跳、合闸操作，以满足改变主系统运行方式及处理故障的要求
测量监察回路	变电站各种电气设备的运行是否正常，开关设备处于何种位置，必须在值班室中通过各种测量仪表（电压、电流、功率、频率、电能表等）和信号装置（各种灯光、音响、信号牌、显示器等）进行观察监视，以便及时发现尽快采取相应措施
信号回路	信号回路是由信号发送机构、接收元器件及其网络组成。信号回路按电源分为强电信号系统和弱电信号系统；按表示方法分为灯光信号和音响信号；按用途分为位置信号、事故信号和预告信号。它的作用是在发电厂和变电站中为了使工作人员及时掌握电气设备的工作状态，用信号及时显示出当时的工作情况。而当发生事故或不正常运行情况时，更应发出各种灯光及音响信号，帮助工作人员迅速判明是发生了事故还是出现了不正常运行情况，以及事故的范围和地点、不正常运行情况的内容等，以便工作人员做出正确的处理
自动化作用	为保证电力用户长期连续供电，变电站需要装设必要的自动装置，如自动重合闸装置、备用电源自动投入装置、按频率自动减负荷装置、电力电容器自动投切装置等
操作电源	操作电源由直流电源设备和供电网络构成。操作电源有直流电源和交流电源两大类，直流操作电源用于发电厂及大、中型变电站，通常以蓄电池组、复式整流装置或带电容器储能的硅整流装置供电；交流操作电源用于小型变电站，为站用变压器、电流互感器及电压互感器供电。其作用是给控制、保护、信号等设备提供工作电源与操作电源，确保发电厂与变电站所有设备正常运行

8.5.2 二次设备电路图的特点

二次设备电路图的特点如表 8-5 所示。

表 8-5 二次设备电路图的特点

特 点	详细内容
二次设备数量较多	一次电路的设备一般只有为数不多的几台（件），而监视、测量、控制、保护用的二次设备元件多达数十种。随着电压等级的提高，设备容量的增大，需要自动化控制和保护的系统也越来越复杂，二次设备的种类与数量也就越多
连接导线多	二次设备之间的连接线不限于相邻设备之间，而是可以跨越较远的距离，相互之间往往交错相连的。另外，某些二次设备接线端子很多，如一个中间继电器，除线圈外，有的触头多达 10 多对，这就意味着这个中间继电器引入/引出的导线可达 20 余根



『行』

——学以致用，攻坚克难

(续)

特 点	详 细 内 容
二次设备动作程序多，工作原理复杂	以保护电路为例，通常用检测元器件得到被测的参数，再将被测量送至执行电气元件或立即执行，或延时执行、或同时作用于几个电气元件动作、或按一定次序作用于几个元件分别动作；动作之后还要发出动作信号，如文字指示、数字显示、灯光显示及音响等
工作电源种类多	二次设备的工作电压等级和电源种类有许多种，有直流、有交流，有 380V 以下的各种电压等级，如 380V、220V、100V、36V、24V、12V、6.3V、1.5V 等

8.5.3 二次回路图的识图实例

图 8-26 所示是具有灯光监视的断路器控制回路（电磁操动机构）。

图中，+WC、-WC——控制母线；FU1、FU2——熔断器，RM-10/6 250V；SA——控制开关，LW2- 1a. 4. 6a. 40. 20. 20/F8 型；HG——绿色信号灯具，XD2 型，附 2500Ω 电阻；HR——红色信号灯具，XD2 型，附 2500Ω 电阻；KL——间继电器，DZB- 115/220V 型；KMC——接触器；KOM——保护出口继电器；QF——断路器辅助开关；WCL——合闸小母线；WSA——事故跳闸小母线；WS——信号小母线；YT——断路器跳闸线圈；YC——断路器合闸线圈，FU3、FU4——熔断器，RM10-60/25 250V；R1——附加电阻，ZG11-25 型，1Ω；R2——附加电阻，ZG11-25 型，1000Ω；(+) WTW——闪光小母线。

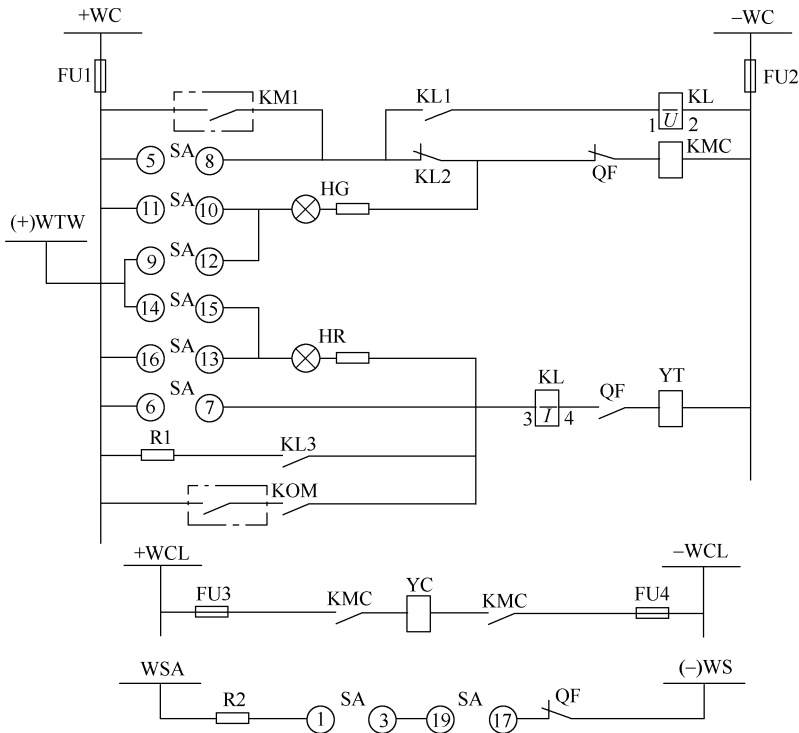


图 8-26 具有灯光监视的断路器控制回路

1. “跳闸后”位置

当 SA 的手柄在“跳闸后”位置,断路器在跳闸位置时,其常闭触头闭合, + WC 经 FU1→SA11-10→HG 及附加电阻→QF (常闭)→KMC 线圈→FU2→- WC。此时,绿色信号灯回路接通,绿灯亮,它表示断路器正处于跳闸后位置,同时表示电源、熔断器、辅助触头及合闸回路完好,可以进行合闸操作。但 KMC 不会动作,因电压主要降在 HG 及附加电阻上。

2. “预备合闸”位置

当 SA 的手柄顺时针方向旋转 90°至“预备合闸”位置, SA9-10 接通,绿灯 HG 回路由 + WTW→SA9-10→HG→QF (常闭)→KMC→FU2→- WC 导通,绿灯闪光,发出预备合闸信号,但 KMC 仍不会启动,因回路中串有 HG 和 R。

3. “合闸”位置

当 SA 的手柄再顺时针方向旋转 45°至“合闸”位置时, SA5-8 触头接通,接触器 KMC 回路由 + WC→SA5-8→KL2 (常闭)→QF (常闭)→KMC 线圈→- WC 导通而起动,闭合其在合闸线圈回路中的触头,使断路器合闸。断路器合闸后, QF 常闭触头打开、常开触头闭合。

4. “合闸后”位置

松手后, SA 的手柄自动反时针方向转动 45°,复归至垂直(即“合闸后”)位置, SA16-13 触点接通。此时,红灯 HR 回路由 FU1→SA16-13→HR→KL 线圈→QF (常开)→YT 线圈→FU2→- WC 导通,红灯亮,指示断路器处于合闸位置,同时表示跳闸回路完好,可以进行跳闸。

5. “预备跳闸”位置

SA 手柄在“预备跳闸”位置时, SA13-14 导通,经 + WTW→HR→KL→QF 常开触点→YT→- WC 回路,红灯闪光,发出预备合闸信号。

6. “跳闸”位置

将 SA 手柄反时针方向转 45°至“跳闸”位置, SA6-7 导通, HR 及 R 被短接,经 + WC→SA6-7→KL→QF 常开触头→- WC,使 YT 励磁,断路器跳闸。断路器跳闸后,其常开触头断开,常闭触头闭合,绿灯亮,指示断路器已跳闸完毕,放开手柄后, SA 复位至“跳闸后”位置。

当断路器手动或自动重合在故障线路上时,保护装置将动作跳闸,此时如果运行人员仍将控制开关放在“合闸”位置(SA5-8 触头接通),或自动装置触头 KM1 未复归,断路器 SA5-8 将再合闸。因为线路有故障,保护又动作跳闸,从而出现多次“跳—合”现象。此种现象称为“跳跃”。断路器若发生跳跃不仅会引起断路器毁坏,而且还将扩大事故。所谓“防跳”措施,就是利用操作机构本身机械上具有的“防跳”闭锁装置或控制回路中所具有的电气“防跳”接线,来防止断路器发生“防跳”的措施。

图 8-26 所示控制回路采取了电气“防跳”接线。其 KL 为跳跃闭锁继电器,它有两个线圈,一个电流启动线圈,串于跳闸回路中;另一个电压保护线圈,经过自身常开触头 KL1 与合闸接触器线圈并联。此外在合闸回路中还串有常闭触头 KL2,其工作原理如下:

当利用控制开关(SA)或自动装置(KM1)进行合闸时,若合在故障线上,保护将动



作，KOM 触头闭合，使断路器跳闸。跳闸回路接通的同时，KL 电流线圈带电，KL 动作，其常闭触头 KL2 断开合闸回路，常开触头 KL1 接通 KL 的电压自保持线圈。此时，若合闸脉冲未解除（如 SA 未复归或 KM1 卡住等），则 KL 电压自保持线圈通过触头 SA5-8 或 KM1 的触头实现自保持，使 KL2 长期打开，可靠地断开合闸回路，使断路器不能再次合闸。只有当合闸脉冲解除（即 KM1 断开或 SA5-8 切断），KL 的电压自保持线圈断电后，回路才能恢复至正常状态。图中，KL3 的作用是用来保护出口继电器 KOM 触头的，防止 KOM 先于 QF 打开而被烧坏。电阻 R1 的作用是保证保护出口回路中当有串接的信号继电器时，信号继电器能可靠动作。

8.6 照明系统的识图

8.6.1 照明系统供电方式的识图

某车间供电系统总配电系统图如图 8-27 所示。

某车间供电系统总配电图各部分的组成和功能如表 8-6 所示。

表 8-6 某车间供电系统总配电图各部分的组成和功能

配电柜序号	功能分析
1	1 号配电柜是一台主配电柜（总柜），承担主线的控制功能，外形尺寸：宽为 800mm、深为 800mm、高为 2200mm。柜内装有一台 CW1 型抽屉式智能断路器，该断路器的框架电流为 3200A，额定电流为 2000A。断路器的出线端接入母线，将电能分配给各路线柜 柜门上有 3 只指示灯，指示断路器的三种工作状态：断开、接通、故障。2 只按钮，分别是电动合闸、电动分闸按钮。3 只电流表，指示三相电流。电流表由 3 只电流互感器提供电流，另一只电流互感器为功率因数控制器提供电流 配电柜门上还有 1 只电压表和 1 只电压转换开关，用于检测三相电压值
2	2 号配电柜是一台联络柜，用来联络另一配电系统的母线，作为相互间的备用，平时处于断开状态。当其他系统由于故障需要用电时，可投入该柜提供电源；或者本系统由于故障进线断电，可由其他系统向其供电。当由其他线路向其倒送电时，一定要断开 1 号柜的断路器，才能完成下一步的倒送电 该柜主要由隔离开关和智能断路器组成，隔离开关在断开时有明显的断点，起隔离电源的作用，但不能带负荷操作。断路器可以接通和断开负载电流，能带负荷操作
3~6	3~6 号配电柜是四台出线柜，它们各自从母线上引电，然后通过各自的隔离开关和断路器向车间的各个区域供电
7	7 号配电柜是功率因数补偿柜（简称电容柜），它主要是用来通过电网功率因数，减少配电系统无功功率损耗 该柜的主要电器：在主电路中有隔离开关（接通或断开主电路）、避雷器（过电压保护）、熔断器（短路保护）、接触器（投切电容器组）、热继电器（过载保护）及电容器（提高功率因数）；在二次回路中，主要有电流表（指示电流）、功率因数表（指示功率因数）、功率因数控制器（根据线路功率因数发出依次投切电容器组控制信号）及转换开关（选择投切电容器的方式，有手动、自动和停止状态）



7#	6#		5#		4#		3#		2#	1#	配电屏序号	固定式低压开关柜
											TMY-3×(12×120)+[×(5×50)] 一次 接线图	
功率因数补偿柜	机修	七条八条	备用	公共西	公共北	公共南	备用1	备用2	2#联络柜	1#总柜	配电柜(间隔)名称	一次 元件 设备表
1(1000A)	1(600A)	1(600A)	1(400A)	1(400A)	1(600A)	1(600A)	1(400A)	1(400A)	1(1600A)		隔离开关HD13BX	
									1(2000/3 1000A)	1(3200/3 2000A)	断路器CW1	
	1(600A)	1(600A)	60A 60A 100A 100A	1(250A)	1(600A)	1(250A)		1(250A)			断路器CM1	
1											自动补偿控制仪ZKW-II	
20(白色)									3	3	指示灯	
									2	2	按钮(红绿各半)	
3(800/5)	3(600/5)	3(600/5)	3(300/5)	3(300/5)	3(300/5)	3(600/5)	3(300/5)	3(300/5)	3(1000/5)	4(1000/5)	电流互感器LMZ3-0.66	
3(800/5)	3(600/5)	3(600/5)	3(300/5)	3(300/5)	3(300/5)	3(600/5)	3(300/5)	3(300/5)	3(1000/5)	3(1000/5)	电流表42L—A	
									1	1	电压表42L—V0~450V	
1											功率因数表42L—cosφ	
10											电容器BSMJ—04—30—3	
3											避雷器FYS—0.22	
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	熔断器aM—6A	
30											熔断器aM—63A	
10											接触器B65C~220V	
10											热继电器T45 18~25A	
1									1	1	转换开关LW5	
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	电能表DT862—3(6)A	
1200×800×2200	800×800×2200		800×800×2200		800×800×2200		800×800×2200		800×800×2200	800×800×2200	屏宽×屏深×屏高mm×mm×mm	

图 8-27 某车间供电系统总配电系统图



8.6.2 某车间照明系统的识图

某车间照明系统图和照明平面图如图 8-28、图 8-29 所示。

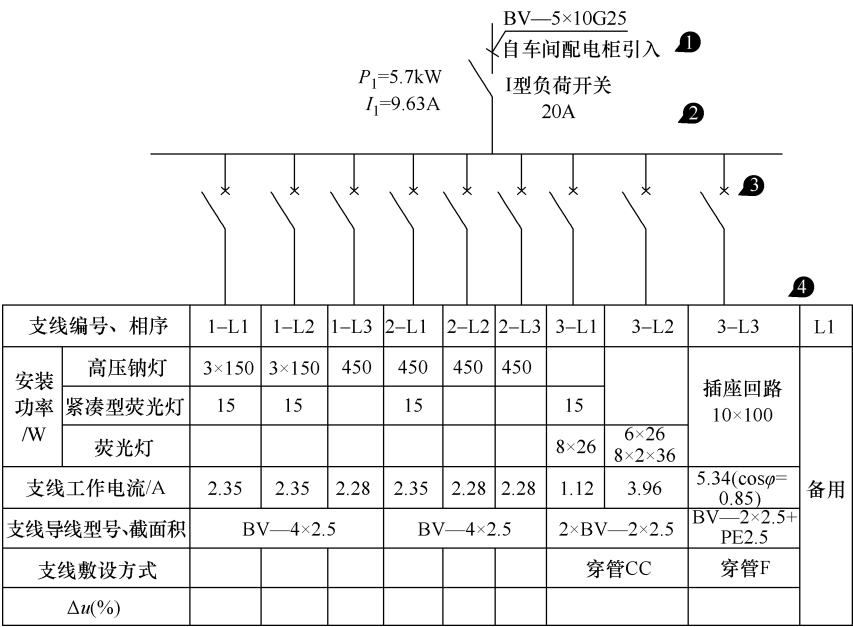


图 8-28 某车间照明系统图

注：荧光灯采用电子镇流器取 $\cos\varphi=0.95$ ；高压汞灯采用单灯补偿取 $\cos\varphi=0.9$ 。

某车间照明系统图的识图分析如表 8-7 所示。

表 8-7 某车间照明系统图的识图分析

识图步骤	识图内容
1. 照明电源引入线	BV-5×10G25：照明电源的引入线是同动力线路一同从车间配电柜引进的，该照明电源总线为 5 根 10mm ² 的聚氯乙烯塑料导线，穿直径为 25mm 的钢管进入照明配电箱
2. 照明总开关	I 型负荷开关为 20A； $P_1=5.7\text{kW}$ 、 $I_1=9.63\text{A}$ ：照明设备总容量通过负荷计算可知，该车间照明负荷的总功率为 5.7kW，每相的计算电流为 9.63A，因此选择的负荷开关额定电流为 20A
3. 照明引出线	照明电源电压为 220V，每路照明电源都是取自三相电源中的一路相线和零线。为了保证三相电源的平衡，尽量要使照明负载均匀地分布到三相电源中去。该引出线共有 9 路，其中有一路是备用回路
4. 引出线回路	1-L1、1-L2、2-L1 回路，负载都是 3 盏 150W 的高压钠灯和 1 盏 15W 的紧凑型荧光灯，工作电流为 2.35A 1-L3、2-L2、2-L3 回路，负载都是 3 盏 150W 的高压钠灯，工作电流为 2.28A 3-L1 回路，供给 1 盏 15W 的紧凑型荧光灯和 8 盏 26W 的荧光灯，工作电流为 1.12A 3-L2 回路，供给 6 盏 26W 的紧凑型荧光灯和 8 盏 36W 的双管荧光灯，工作电流为 3.96A 3-L3 插座回路，10 路插座，每路插座按 100W 计算，工作电流为 5.34A

行
——
学以致用，攻坚克难

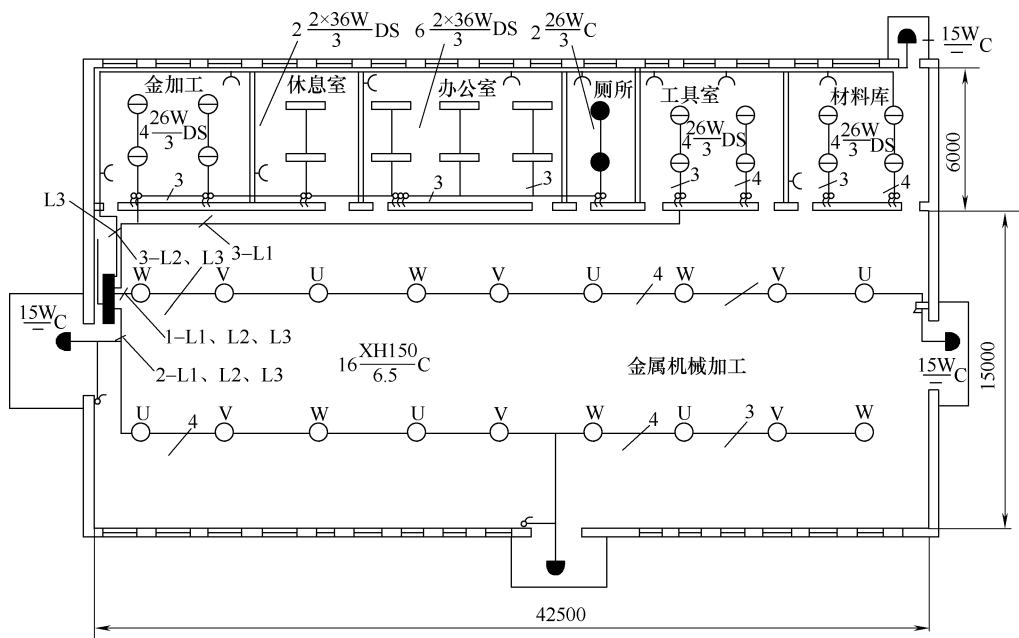


图 8-29 某车间照明平面图

某车间照明平面图的识图分析如表 8-8 所示。

表 8-8 某车间照明平面图的识图分析

识图步骤	识图内容
1. 门厅照明	该车间共有 4 个进出门，全部采用的是 15W 紧凑型荧光灯吸顶安装，控制开关用的是单极翘板开关，东南门厅线路与 1-L 一路，西门门厅与 2-L 一路，材料库旁和西北门厅与 3-L1 一路。采用线径为 2.5mm ²
2. 金属机械加工区照明	该加工区照明的特点：加工区面积较大，高度较高，因此照明灯具的数量多，功率大。该车间的总照明配电箱装在西门的进口处，其电源线由总配电柜引来，通过照明配电箱分成各个支路向各路灯具供电 照明共用了 18 盏 150W 的高压钠灯，全部采用管吊式安装，高度为 6.5m 三相出线回路中有两路采用的是 4 根 2.5mm ² 的聚氯乙烯塑料铜导线，穿管引出。单相照明出线两路，采用的是 2 根 2.5mm ² 的聚氯乙烯塑料铜导线，穿管引出。单相插座回路一路，采用的是 2 根 2.5mm ² 的聚氯乙烯塑料铜导线及一根 2.5mm ² 接地线，穿管引出
3. 金加工区照明	有 4 盏 26W 的荧光灯，管吊式安装，离地 3m，采用 4 个单极翘板开关控制。房间内有两路插座，插座回路采用链吊式接线
4. 办公休息区照明	休息室有 2 盏 36W 双管荧光灯，管吊式安装，离地 3m，采用 2 个单极翘板开关控制。房间内有一路插座 办公室采用 6 盏 36W 双管荧光灯，管吊式安装，离地 3m，采用 3 个单极翘板开关控制，一个开关控制 2 盏 36W 双管荧光灯，房间内有两路插座

行
——学以致用，攻坚克难

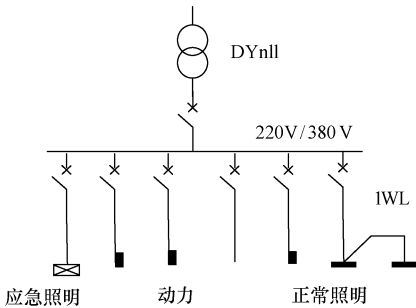
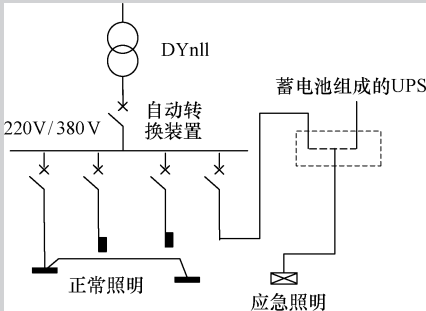
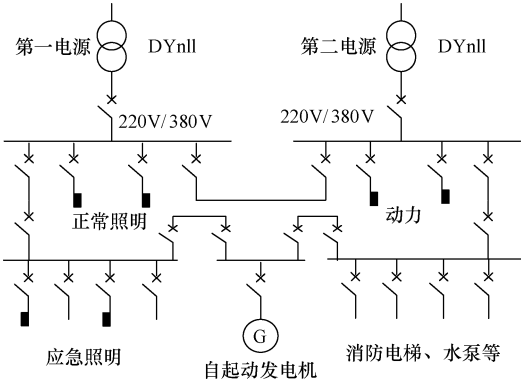
(续)

识图步骤	识图内容
5. 卫生间照明	有 2 盏 26W 紧凑型荧光灯吸顶安装，离地 3m，采用 2 个单极翘板开关控制，有一路插座
6. 辅房照明	工具和材料库都采用 4 盏 26W 的荧光灯，管吊式安装，离地 3m，采用 4 个单极翘板开关控制，有两路插座

8.6.3 照明系统供电方式的识图

照明系统供电方式的选择如表 8-9 所示。

表 8-9 照明系统供电方式的选择

序 号	供电方式	照明供电系统	简要说明
1	一台变压器		照明与动力在母线上分开供电
2	一台变压器及蓄电池组等		照明与电力母线分开供电，应急照明由蓄电池组成的 UPS 供电
3	两路独立电源，自启动发电机作第三电源		两路独立电源，照明设专用变压器，自启动发电机为第三独立电源



(续)

序 号	供 电 方 式	照明供电系统	简 要 说 明
4	一台变压器供电的变压器——干线		对外无低压联络线时，正常照明电源接自干线总断路器前
5	两台变压器供电的变压器——干线		照明电源接自变压器低压断路器后，当一台变压器停电时，通过联络断路器接到另一段干线上，应急照明两段干线交叉供电
6	两台变压器		照明与动力在母线上分开供电，应急照明由两台变压器交叉供电
7	由外部线路供电		图 a 所示用于不设变电所的较大负载；图 b 所示用于次要或较小的负载
8	两台变压器电源为独立的		变压器的电源相互独立



8.7 我来做——供配电线路识图



习题 8

8.1 电力系统的组成及特点是什么？

8.2 变电站与配电站的主要任务是什么？

8.3 请指出图 8-30 所示供电系统中的发电机、变压器，并指出图中标示的输电线路的额定电压。

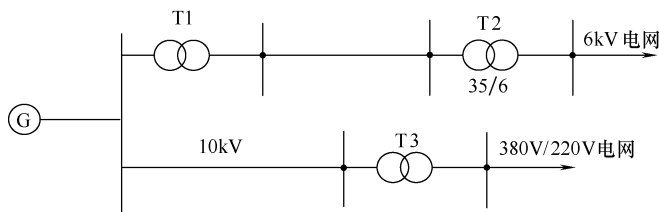


图 8-30 习题 8.3 供电系统

8.4 高压电气设备主要有哪些？

8.5 什么是主接线？什么是主接线图？

8.6 什么是母线？母线主要有哪几种？

8.7 母线内桥形和外桥形主要有什么区别？

8.8 配电系统的接线方式主要有三种基本类型？其各自有什么特点？

8.9 二次系统的主要作用是什么？



『行』

——学以致用，攻坚克难

Ω

$\mathcal{R}$

$\mathcal{K}$

Article IV

第IV篇

“结”——总结经验，再接再厉

Φ

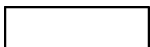
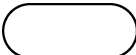
总结及部分习题答案



9.1 电气简图用图形符号

电气简图用图形符号如表 9-1 ~ 表 9-6 所示。

表 9-1 符号要素和限定符号

图 形 符 号	名称或含义	图 形 符 号	名称或含义
	物件 设备、器件、功能单元、元件、功能（形式 1）		自动控制
	物件 设备、器件、功能单元、元件、功能（形式 2）		动作（大于整定值时）
	物件 设备、器件、功能单元、元件、功能（形式 3）		动作（小于整定值时）
	外壳（形式 1）		动作（大于高整定值或小于低整定值时）
	外壳（形式 2）		动作（等于零时）
	边界线		动作（近似等于零时）
	屏蔽		热效应
	可调节性（一般符号）		电磁效应

(续)

图 形 符 号	名称或含义	图 形 符 号	名称或含义
	可调节性 (非线性)		非电离的电磁辐射光
	可变性 (一般符号)		延时动作 (形式1)
	可变性 (非线性)		延时动作 (形式2)
	预调		自动复位
	步进动作		机械联锁
	连续可变性		受限制的手动操作件
	离合器、机械联轴器		拉拔操作件
	手动操作件 (一般符号)		按动操作件
	制动器		旋转操作件
	接近效应操作件		杠杆操作件
	应急操作件 (蘑菇头安全按钮)		可拆卸手柄的操作件
	手轮操作件		钥匙操作件
	脚踏操作件		滚轮操作件
	曲柄操作件		仿形样板操作件
	凸轮操作件		单向作用的气功或液压驱动操作件
	储存机械能操作件		液位控制件



『结』

——总结经验，再接再厉

(续)

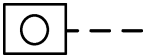
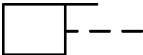
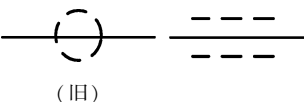
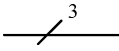
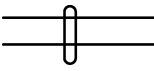
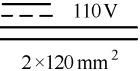
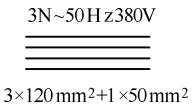
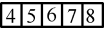
图 形 符 号	名称或含义	图 形 符 号	名称或含义
	计数器控制件		流体控制件
	气流控制件		接触器功能
	断路器功能		隔离开关功能
	负荷开关功能		自动释放功能
	限位开关功能 位置开关功能		开关的正向动作
	自由脱扣机构		变换器 (一般符号)
	故障 指明假定故障的位置		闪络、击穿
	动滑点、滑动触点		

表 9-2 导线和连接件图形符号

图 形 符 号	名称或含义	图 形 符 号	名称或含义
	导线、导线组、电线、电缆、电路、传输线路（如微波技术）、线路、母线（总线）一般符号	 (旧)	屏蔽导线
	导线组示出导线数 3 根（形式 1）		绞合导线（示出 2 根）
	导线组示出导线数 3 根（形式 2）		电缆中的导线（示出 2 根）
	直流电路（110V，两根截面积为 120mm ² 铝导线）		连接点或连接
	三相交流电路，50Hz，380V，三根导线截面积均为 120mm ² ，中性线截面积为 50mm ²		端子板（示出带线端标记的端子板）



『结』

——总结经验，再接再厉

(续)

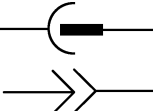
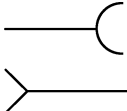
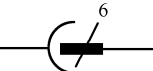
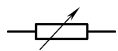
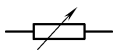
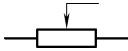
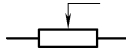
图 形 符 号	名 称 或 含 义	图 形 符 号	名 称 或 含 义
	柔软导线	 (旧)	T 型连接
	导线双 T 连接	 (旧)	插头
	相序变更	 (旧)	插座和插头
 (旧)	插座		多极插头插座 (示 出带 6 个极)

表 9-3 常见图形符号 (新、旧对照表)

新国家标准符号 (GB/T 4728—2008)		旧国家标准符号 (GB/T 4728—1985)	
名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
直流电		直流电	
交流电		交流电	
交直流电		交直流电	
正极	+	正极	+
负极	-	负极	-
电阻器一般符号		电阻器一般符号	
可变电阻器		变阻器	
滑动触电位器		电位器的一般符号	
电容器的一般符号		电容器的一般符号	
极性电容器		有极性的电解电容器	
半导体二极管一般符号		半导体二极管、半导体整流器	
发光二极管			



『结』

——总结经验，再接再厉

(续)

新国家标准符号 (GB/T 4728—2008)		旧国家标准符号 (GB/T 4728—1985)	
名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
单向击穿二极管、电压调整二极管		雪崩二极管	
NPN 型晶体		NPN 型半导体	
PNP 型晶体		PNP 型半导体	
桥式全桥整流器		桥式全桥整流器	
继电器、接触器、磁力启动器线圈		继电器、接触器、磁力启动器线圈	
直流电流表		直流电流表	
交流电压表		交流电压表	
接触器常开触头		接触器常开触头	
热继电器常闭触头		热继电器常闭触头	
热敏开关常开触头		温度继电器常开触头	
液位开关 (常开触头)		液位继电器常开触头	
开关一般符号 (常闭)		开关的常闭触头	
开关一般符号 (常开)		开关的常开触头	
继电器常闭触头		继电器常闭触头	
继电器常开触头		继电器常开触头	
接触器常闭触头		接触器常闭触头	

(续)

新国家标准符号 (GB/T 4728—2008)		旧国家标准符号 (GB/T 4728—1985)	
名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
位置开关和限位开关的常开触头		与工作机械联动的开关常开触头	
位置开关和限位开关的常闭触头		与工作机械联动的开关常闭触头	
按钮开关 (常闭按钮)		带常闭触头的按钮	
按钮开关 (常开按钮)		带常开触头的按钮	
手动开关一般符号		常开手动开关	
三级开关 (单线表示)		三级开关 (单线表示)	
三级开关 (多线表示)		三级开关 (多线表示)	
断路器		自动空气断路器	
三极断路器		三极自动空气断路器	
热继电器的驱动器件		热继电器的发热器件	
三相笼型异步电动机		三相笼型异步电动机	
串励直流电动机		串励直流电动机	
并励直流电动机		并励直流电动机	
三相绕线型异步电动机		三相滑环异步电动机	



『结』

总结经验，再接再厉

(续)

新国家标准符号 (GB/T 4728—2008)		旧国家标准符号 (GB/T 4728—1985)	
名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
双绕组变压器		双绕组变压器	
铁心	—	铁心	—
星形-三角形联结的三相变压器		星形-三角形联结的有铁心的三相双绕组变压器	

表 9-4 测量仪表图形符号

图 形 符 号	名称或含义	图 形 符 号	名称或含义
	电压表		频率表
	转速表		温度计、高温表
	记录式功率表		无功功率表
	功率因数表		相位表
	无功电流表		最大需量指示器 (由一台积算仪表操纵的)
	检流计		电能表

『结』——总结经验，再接再厉

表 9-5 接地装置图形符号

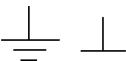
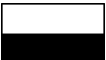
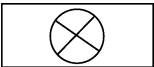
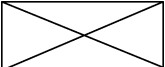
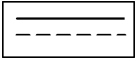
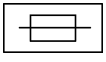
图 形 符 号	名称或含义	图 形 符 号	名称或含义
	接地（一般符号）		接机壳或机架
	保护接地		等电位
	功能性接地		

表 9-6 盒、箱（屏）图形符号

图 形 符 号	名称或含义	图 形 符 号	名称或含义
	盒、箱的一般符号		连接盒或接线盒
	电力或电力-照明配电箱		照明配电箱（屏）
	信号板信号箱（屏）		事故照明配电箱（屏）
	多种电源配电箱（屏）		直流配电盘（屏）
	交流配电盘（屏）		架空交接箱
	壁龛交接箱		电缆交接间
	壁龛分线箱		分线箱
	电源自动切换箱（屏）		室内分线盒
	自动开关箱		带熔断器的刀开关箱
	熔断器箱		

9.2 建筑、照明用图形符号

建筑及照明用文字和图形符号如表 9-7 ~ 表 9-16 所示。



『结』

——总结经验，再接再厉

表 9-7 导线敷设方式文字符号

新 符 号	旧 符 号	导线敷设方式
E	M	暗装方式
F		金属软管
T	DG	穿电线管敷设
C	A	明装方式
SC	G	穿焊接钢管敷设
PC	VG	穿 PVC 硬管敷设
FPC	ZVG	穿 PVC 半管敷设
K	CP	绝缘子或瓷柱敷设
PR	XC	PVC 线槽敷设
SR	GC	钢线槽敷设
CP	SPG	穿蛇皮管敷设

表 9-8 导线敷设部位文字符号

新 符 号	旧 符 号	导线敷设部位
WE	QM	沿墙敷设
CLE1	ZM1	沿柱敷设
BE1	LM1	沿屋架敷设
CE	PM	沿天棚或顶面敷设
BE2	LM2	跨屋架敷设
CLE2	ZM2	跨柱敷设
WC	QA	暗敷在墙内
BC	LA	暗敷在梁内
CLC	ZA	暗敷在柱内
CC	PA	暗敷在顶板内
ACC	PNA	暗敷在不上人的吊顶内
FC	DA	暗敷在地下

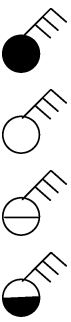
表 9-9 灯具类型文字符号

灯具类型名称	文 字 符 号	灯具类型名称	文 字 符 号
普通吊顶	P	荧光灯	Y
壁灯	B	吸顶灯	D
花灯	H	投光灯	T
马路弯灯	MD	泛光灯	FD
事故照明灯	SD	防尘灯、防水灯	FS
水晶底罩灯	J	防水防尘灯	F
柱灯	Z	搪瓷伞罩灯	S

表 9-10 灯具安装方式文字符号

新 符 号	旧 符 号	灯具安装方式
CP	X	线吊式
CP1	X1	固定线吊式
CP2	X2	防水线吊式
CP3		吊线器式
CH	L	链吊式
CR	DR	顶棚内安装
R	R	墙壁内安装
S	D	吸顶式或直附式
W	B	壁装式
WR	BR	墙壁内安装
T		台上安装
SP		支架上安装
CL		柱上安装
HM		座装

表 9-11 照明电路中常用的元器件电气图形符号

符号名称	图形符号（GB/T 4728—2008）	文字符号（GB/T 7159—1987 ^① ）	符号名称	图形符号（GB/T 4728—2008）	文字符号（GB/T 7159—1987 ^① ）	
普通白炽灯		E 或 EL	开关一般符号		S	
天棚灯			三极开关： 一般符号 暗装 密闭（防火） 防爆			
花灯						
矿山灯						
防爆灯						
安全灯						
球形灯						
壁灯						
单管荧光灯			单极拉线开关			
投 光 灯 一 般 符号		单极双控拉线 开关				
聚光灯		单极三线双控 开关				



『结』

——总结经验，再接再厉

(续)

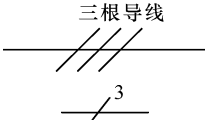
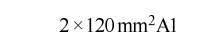
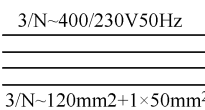
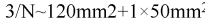
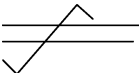
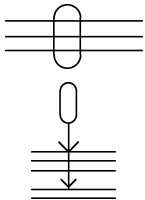
符号名称	图形符号 (GB/T 4728—2008)	文字符号 (GB/T 7159—1987 ^①)	符号名称	图形符号 (GB/T 4728—2008)	文字符号 (GB/T 7159—1987 ^①)
泛光灯		E 或 EL	多拉开关		S
弯灯			调光器		
局部照明灯			照明配电箱 (屏)		AL
防火防尘灯		E 或 EL	动力或动力-照明配电箱		AP
探照灯			多种电源配电箱 (屏)		AA
专用电路事故照明灯			直流配电盘 (屏)		AZ
信号灯			事故照明配电箱 (屏)		AL
防爆荧光灯			交流配电盘 (屏)		AJ
带接地插孔单相插座: 暗装 密闭 (防水) 防爆	 	X 或 XS	单项插座: 一般符号 暗装 密闭 (防水) 防爆	 	X 或 XS
带接地插孔三相插座: 一般符号 暗装 密闭 (防水) 防爆	 		电信插座符号		

① 已废止。

表 9-12 其他常用电器的图形符号

名 称	图 形 符 号
空调器	
电风扇	
电钟	
电热水器	
电阻加热装置	

表 9-13 连接线

名 称	图 形 符 号	说 明
连接、连接 连线组		导线、电缆、电线、传输通路
		如果单线表示一组导线时，导线的数量可画相应数量的短斜线或一条短斜线后加导线的数字表示 表示三根导线
	 	可标注附加信息，如电流种类、配电系统、频率、电压、导线数、每根导线的截面积、导线材料的化学符号 导线数后面其截面积，并用“×”号隔开 若截面积不同，应用“+”号分别将其隔开 表示直流电路，110V，两根 120mm ² 铝导线
	 	三相电流，400V/230V，50Hz，三根 120mm ² 的铝导线，一根 50mm ² 的中性线
屏蔽导线		若几根导体包在同一个屏蔽、电缆和绞合在一起，但这些导体符号和其他导体符号互相混杂，可用本表电缆中的导线的画法。屏蔽、电缆和绞合线符号可画在导体混合组符号的上边、下边或旁边，应用连在一起的指引线指到各个导体上表示它们在同一屏蔽、电缆和绞合线组内
绞合导线		表示出两根
电缆中的 导线		表示出三根 五根导线，其中箭头所指的两根在同一电缆内



『结』

——总结经验，再接再厉

(续)

名 称	图 形 符 号	说 明
同轴对		若同轴结构不再保持，则切线只画在同轴的一边 同轴对连接到端子
屏蔽同轴对		

表 9-14 连接、端子和支路

名 称	图 形 符 号	说 明
连接、连接点		
端子 端子板		
T 型连接	形式 1	导体的双重连接
	形式 2	
支路		一组相同并重复并联的电路的公共连接应以支路总数取代“n”。该数字置于连接符号旁 表示 10 个并联且等值的电阻
		在该点多重导体连接在一起形成多项相同的中性点 三相同步发电机的单线表示法 绕组每相两端引出，示出外部中性点的三相同步发电机

表 9-15 专用导线电气图形符号

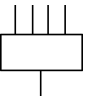
名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
中性线		保护线和中性线共用线	
保护线		具有保护线和中性线的三相配电	

表 9-16 配线电气图形符号

名 称	图 形 符 号
向上配线，箭头指向图样的上方	

『结』——总结经验，再接再厉

(续)

名 称	图 形 符 号
向下配线，箭头指向图样的下方	
垂直通过配线	
盒的一般符号	
接线盒、连接盒	
用户端，供电输入设备，示出带配线	
配电中心，示出五路馈线	

9.3 继电器、断路器类型号含义

继电器、断路器类型号含义如表 9-17、表 9-18 所示。

表 9-17 继电器类型号含义

型号含义	中 文 名	器 件 说 明
KA	继电器	对预先规定的电气量或物理量动作，具有控制电路功能的器件
KM	电磁接触器	根据电磁衔铁的动作，频繁开闭负载电路的接触器
MS	电磁开闭器（磁力启动器）	具备过流继电器的电磁接触器的总称
FR	热继电器	主元件为热电偶的继电器
KT	定时继电器（时间继电器）	以经过预定的时间延迟启动为目的，能减少误差的继电器

表 9-18 断路器类型号含义

型号含义	中 文 名	器 件 说 明
QF	断路器	处通常状态的电路之外，还能开闭异常状态，特别是短路状态中的电路的装置
DS	切断开关	仅用于开闭充电的电路，不考虑负载电流的开闭
FU	熔断器	电路中有过流，尤其是短路电流过时，通过熔体熔断，来切断电流、断开电路
QF	配线断路器	在绝缘的容器内一体地安装开闭机构、断开机构等断路器
QF	油断路器	在油中进行电路的开闭的断路器
FU	电力熔断器	用于电力电路的熔断器
QF	真空断路器	在真空中进行电路的开闭的断路器



『结』

——总结经验，再接再厉

9.4 供配电用图形符号

供配电用图形符号如表 9-19 所示。

表 9-19 供配电用图形符号

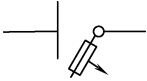
图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	双绕组变压器		三绕组变压器
	自耦变压器		电抗器、扼流圈
	电流互感器、脉冲变压器		具有两个铁心和两个二次绕组的电流互感器
	三相变压器 YD 联结		在一个铁心上具有两个二次绕组的电流互感器
	具有有载分接开关的三相变压器 YD 联结		三相变压器星形-曲折形联结
	具有有载分接开关的三相三绕组变压器，有中性点引出线的 YYD 联结		三相三绕组变压器，两个绕组为中性点引出线的星形，中性点接地，第三绕组为开口三角形
	避雷器		电缆线路



『结』

——总结经验，再接再厉

(续)

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	移相电容器		跌落式熔断器
	隔离开关		断路器

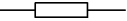
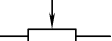
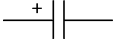
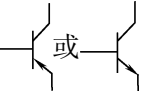
9.5 我来做答案

习题 1

1.1 概略图或框图、功能图、逻辑图、功能表图、电路原理图、端子功能图、程序图、接线图或接线表、位置简图或位置图。

1.2 a) 框图 b) 原理图 c) 安装图或印制电路图 d) 接线图

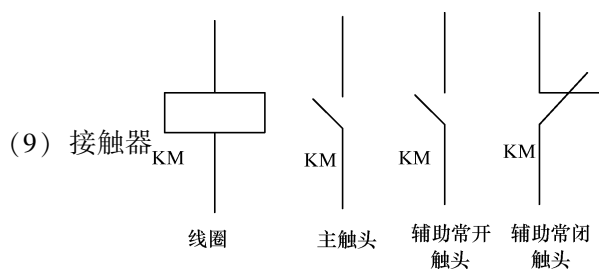
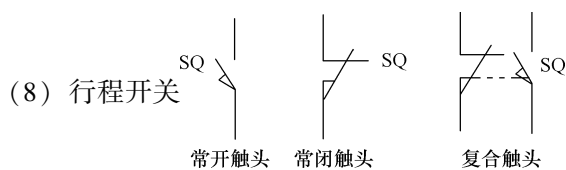
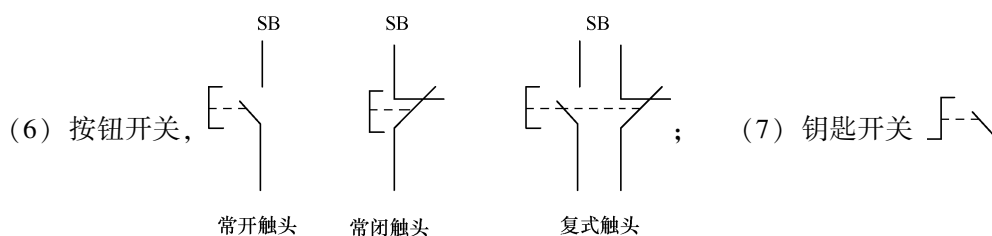
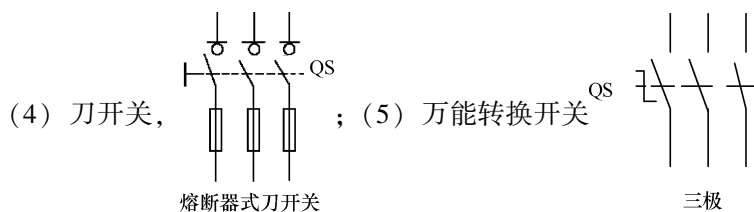
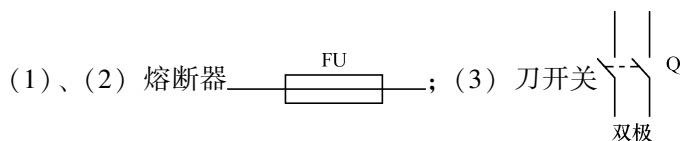
习题 2

- 2.1 (1) 电阻器, R,  (2) 可变电阻器, RP, 
- (3) 电位器, RW,  (4) 电解电容器, C, 
- (5) 电容器, C,  (6) 发光二极管, VT, 
- (7) 二极管, VT,  (8) 晶体管, VT, 
- (9) 整流桥, VT,  (10) 变压器, T, 

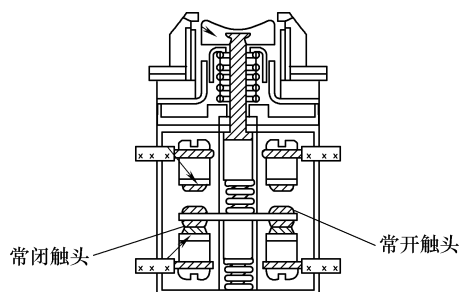
2.2

标 号	名 称	标 称 值	型 号
VD1 ~ VD4	整流二极管		IN4007
VD5	二极管		IN4007
R43	电阻器	10kΩ	
R44	电阻器	4.7Ω	
R42	电阻器	10kΩ	
R40	电阻器	1kΩ	
N4	晶体管		2SC2412
C24	电容器	0.1μF	

2.3



2.4



『结』

——总结经验，再接再厉

2.5 断路器主要由触头、灭弧装置、各种脱扣器（过电流脱扣器、失电压或欠电压脱扣器、热脱扣器和分励脱扣器等）、操作机构和自由脱扣器结构等部分组成。

断路器的过电流脱扣器的线圈与主电路串联，欠电压脱扣器的线圈与电路并联。

2.6 继电器是根据一定的信号（如电流、电压、时间和速度等物理量）的变化来接通或分断小电流电路和电器的自动控制电器。

继电器种类很多，按输入信号可分为电压继电器、电流继电器、时间继电器、速度继电器、压力继电器、温度继电器等；按工作原理可分为电磁式继电器、感应式继电器、电动式继电器、电子式继电器、热继电器等；按用途可分为控制继电器和保护继电器；按输出形式可分为有触头继电器和无触头继电器。

2.7 时间继电器是控制系统中控制动作时间的继电器。它按工作原理可分为空气阻尼式、电动式、晶体管式和可编程式时间继电器等。

通电延时型时间继电器是指线圈通电后触头延时动作，即当线圈通电时，其延时常开触头要延时一段时间才闭合，延时常闭触头要延时一段时间才断开；当线圈失电时，其延时常开触头迅速断开，延时常闭触头迅速闭合。

断电延时型时间继电器是指线圈断电后触头延时动作，即当线圈通电时，其延时断开的常开触头迅速闭合，延时闭合的常闭触头迅速断开；当线圈失电时，其延时断开的常开触头要延时一段时间再断开，延时闭合的常闭触头要延时一段时间再闭合。

习题 3

3.1 略

3.2 《电工基础》《模拟电路》《电力拖动控制线路》。

3.3 (1) 滤波电路 (2) 整流电路 (3) 稳压电路

3.4 元器件在电路图上的位置的表示法有三种：图幅分区法、表格法和电路编号法。

3.5 在识图的方法上，可采取先粗读、后细读、再精读的步骤。

粗读就是先将图样从头到尾大概浏览一遍，主要了解工程的概况，做到心中有数。此外，主要是阅读电气总平面图、电气系统图、设备材料表和设计说明。

细读就是按照识图程序和要点仔细阅读每一张施工图，有时一张图需反复阅读多遍。

精读就是将图中的关键部位及设备、元件、复杂控制装置的施工图重新仔细阅读，系统掌握中心作业内容和施工图要求，做到胸有成竹、滴水不漏。

习题 4

4.1 电阻串联可以分压，电阻并联可以分流。

4.2 常见的滤波元件有电阻器、电容器和电感器。

4.3 电容器的主要作用有滤波、退耦、耦合、旁路、反馈、调谐和谐振。

4.4 VD1 ~ VD4 整流；C1、R1 组成 L 型滤波；C2、C3 高频旁路，保护稳压器；C4 滤波。

4.5 变换电压（升压或降压）、匹配、耦合、振荡等。

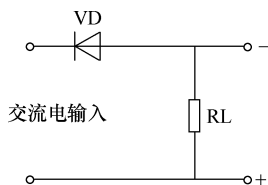
4.6 整流电路的形式常有半波整流、全波整流和桥式整流等。半波整流用一只二极管，全波整流用两只二极管，桥式整流用四只二极管或整流桥。



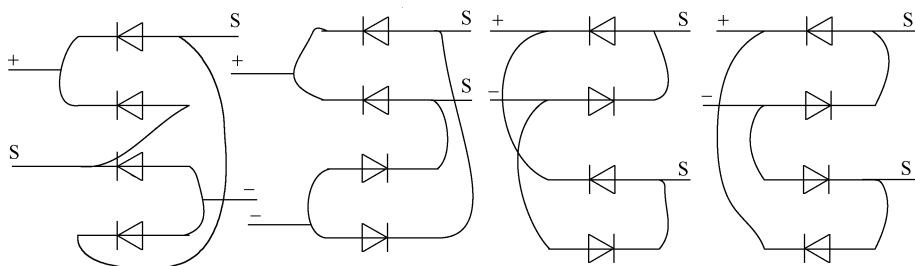
『结』

总结经验，再接再厉

4.7 该整流电路是正确的, 直流极性如下所示。



4.8 参考答案, 可以有几种画法



4.9 略

4.10 略

4.11 耦合电容器 C4、C5; 滤波电容器 C7; 退耦滤波元件 C1、R3; 谐振电路元件 T、CBM-223P (双连电容器)。

4.12 市电经插排 CN4 后, 进入 RN1 过电压保护和熔断器 FU2, 在经插排 CN1 输入到变压器 T1 的一次侧。变压器降压后的交流低压, 经桥式 VD118 ~ VD121 整流后, 变为脉冲直流电压, 再经电容器 C125 滤波, 最后经过三端稳压器 IC105 (7805) 稳压, 输出 +5V 直流电压。

习题 5

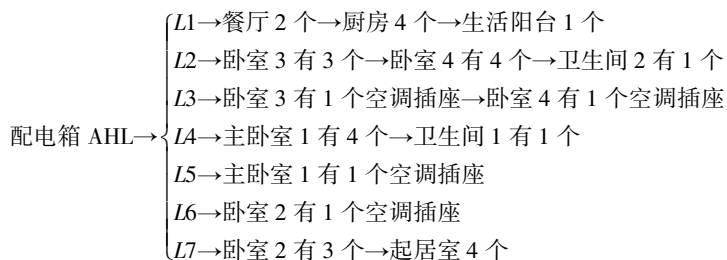
5.1、5.2 略

5.3 a —灯具数量; b —型号或编号 (无则省略); c —每只照明灯具的灯泡数; d —灯泡安装容量; e —灯泡安装高度 (m); f —安装方式; L —光源类型。

5.4 表示 4 只 BYS-80 型灯具, 灯管为 2 根 40W 荧光灯, 灯具为链吊安装, 安装高度距地面 3.5m。

5.5、5.6 略

5.7 从图 a 所示可以看出, 配电箱 AHL 设置在进门口处。从配电箱中引出 7 条插座支路, 各支路流程图如下:

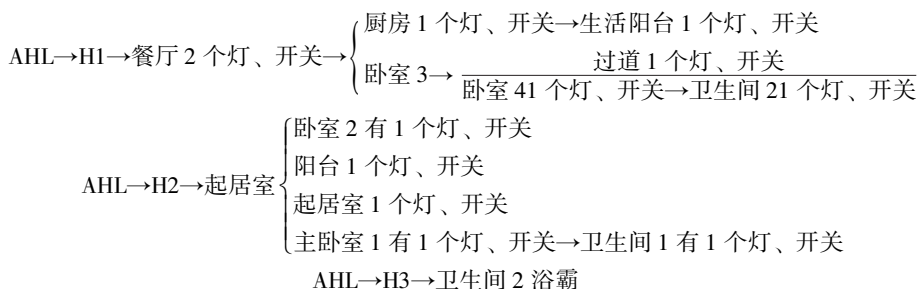


『结』

——总结经验, 再接再厉

从电能表箱 AH 中引出的地线与卫生间 1、卫生间 2 进行局部等电位连接。

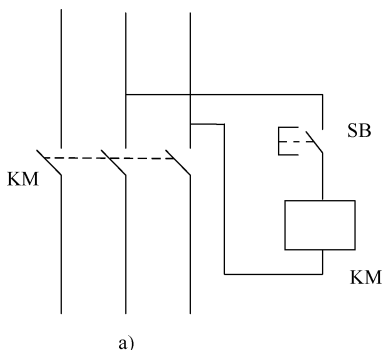
从图 b 所示可以看出该照明线路由 3 条支路组成，分别为 H1、H2、H3。H1 支路供给餐厅、厨房、生活阳台、卧室 3、卧室 4 及卫生间 2；H2 支路供给卧室 2、起居室、阳台、主卧室 1 卫生间 1；H3 支路供给卫生间 2 浴霸。各支路的电流流程图如下：



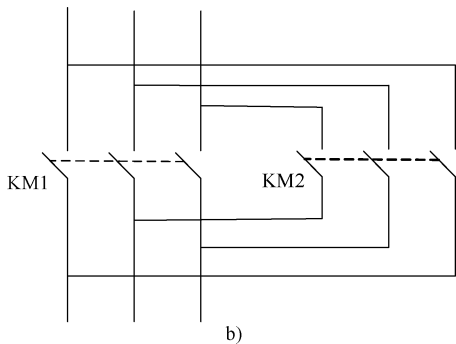
习题 6

6.1 电动机在工作时，既可能出现过电流现象，也可能出现过载现象，因此要同时装熔断器和过热继电器进行保护。熔断器实现过电流保护，而热熔断器实现过载保护。

6.2



辅助电路的供电连接不对，按钮按下时不能工作，应当连接在接触器前的两个相线上。

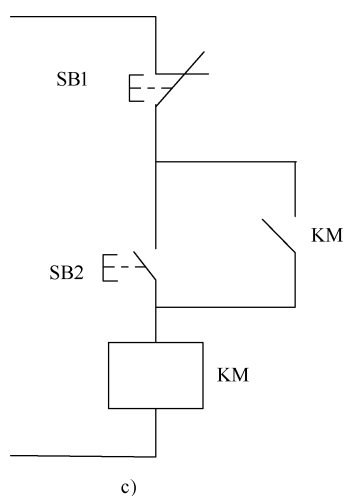


接触器 2 的连接方式不对，不能实现反转（都是正转），改进：任意对调接触器 2 的两个相线。

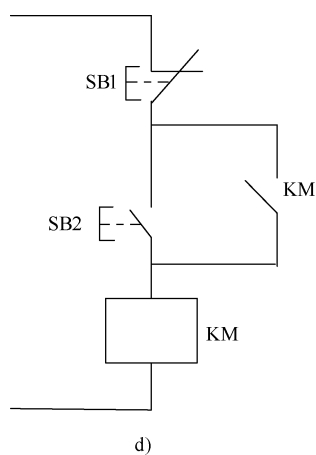


『结』

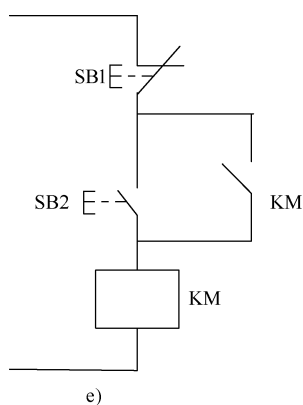
——总结经验，再接再厉



只能点动，自锁不起作用。自锁改为与 SB2 并联成为长动带自锁。



按 SB2 起动后，就不能停止。改为自锁与 SB2 并联。

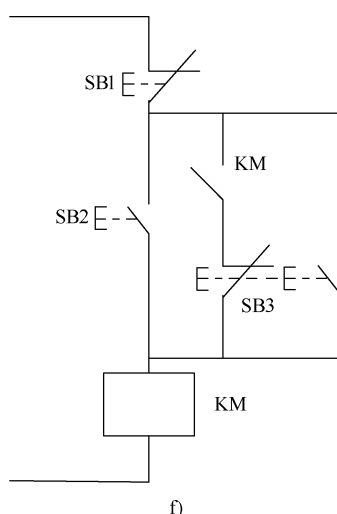


只能点动，自锁不起作用。自锁改为常开触头。



『结』

——总结经验，再接再厉



只能点动。改动：开关 SB3 常开改为常闭，常闭改为常开，改动后既能点动，也能长动。

6.3 图 a 中，接触器 KM 的自锁触头不应该有辅助常闭触头。用辅助常闭触头不但失去了自锁作用，同时会使电路出现时通时断的现象。应把辅助常闭触头改为辅助常开触头，使电路正常工作。

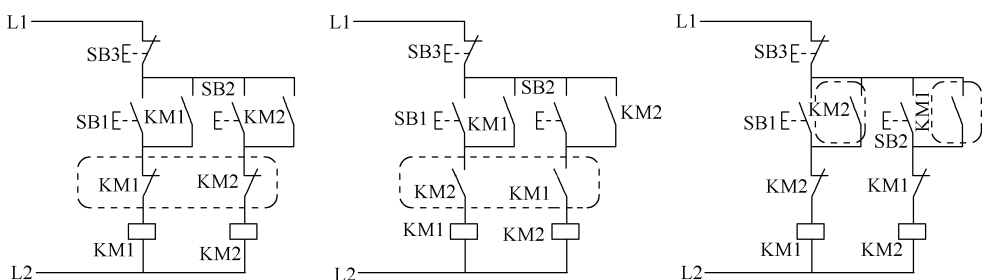
图 b 中，接触器 KM 的辅助常闭触头不能串联在电路中。否则，按下起动按钮 SB 后，会使电路出现时通时断的现象，应把 KM 的辅助常闭触头改为停止按钮，使电路正常工作。

图 c 中，接触器 KM 的自锁触头不能并联在停止按钮 SB2 的两端，否则，就失去了自锁作用，电路只能实现点动控制，应把自锁触头并联于起动按钮 SB1 两端。

6.4 图 a 所示电路不能正常工作。其原因是联锁触头不能用自身接触器的辅助常开触头。这样不但起不到联锁的作用，按下起动按钮后，还会出现控制电路时通时断的现象。应该把图中的两联锁触头换接。

图 b 所示电路不能正常工作。其原因是联锁触头不能用辅助常开触头。这样即使按下起动按钮，接触器也不能得电动作。应该把联锁触头换接成辅助常闭触头。

图 c 所示电路只能实现点动正反转控制，不能连续工作。其原因是自锁触头用对方接触器的辅助常开触头起不到自锁的作用。若要使电路能够连续工作，应把图中两对自锁触头换接。



『结』

总结经验，再接再厉

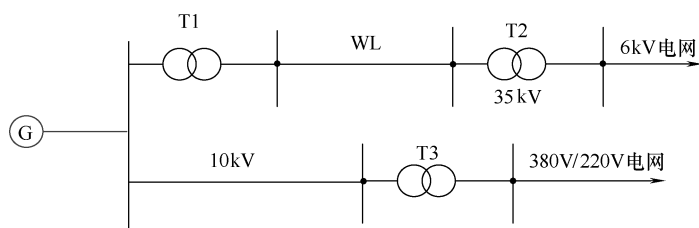
习题 7

略

习题 8

8.1、8.2 略

8.3



图中发电机为Ⓒ；变压器为 T1、T2、T3；输电线路的额定电压分别有：6kV、10kV 和 380V/220V。

8.4 ~ 8.9 略



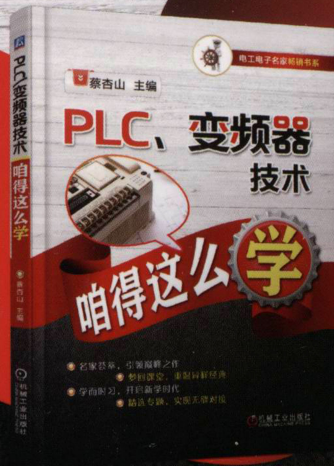
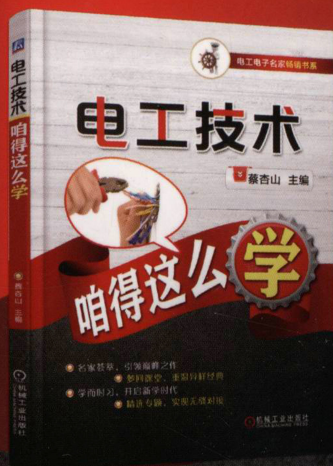
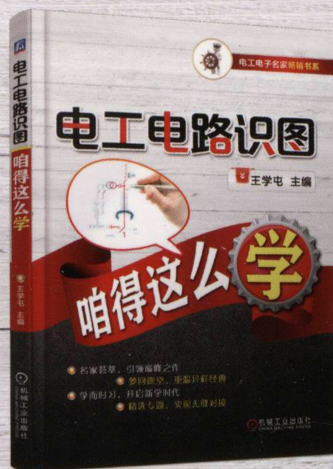
『结』

— 总结经验，再接再厉

参 考 文 献

- [1] 王学屯, 等. 家装电工 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2013.
- [2] 王学屯, 等. 图解元器件识别、检测与应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2013.
- [3] 王学屯, 等. 电工识图边学边用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2015.
- [4] 王学屯, 等. 电工技能边学边用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2016.
- [5] 郎永强, 等. 电工技能学用速成 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.
- [6] 赵清, 等. 新电工识图 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- [7] 刘法治, 等. 新编电工实用电路集萃 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [8] 蔡建军, 等. 电工识图 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [9] 君兰工作室. 学会电工识图的 10 堂课 [M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [10] 郭艳萍, 等. 电气控制与 PLC 应用 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2013.
- [11] 人力资源和社会保障部教材办公室. 电力拖动控制线路与技能训练 [M]. 5 版. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2014.
- [12] 连赛英, 等. 机床电气控制技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [13] 李梅芳, 等. 建筑供电与照明工程 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2013.
- [14] 何伟良, 等. 建筑电气工程识图与实例 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [15] 候志伟, 等. 建筑电气工程识图与施工 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.
- [16] 朱献清, 等. 电气制图 [M]. 2 版. 北京: 机械工业出版社, 2014.
- [17] 刘晨号, 等. 电工仪表与测量 [M]. 2 版. 北京: 机械工业出版社, 2014.
- [18] 郑凤翼, 等. 怎样看电气控制电路图 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2005.
- [19] 蒋庆斌, 等. 供配电技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [20] 赵清, 等. 新电工识图 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- [21] 段玉春, 等. 电工识图技术手册 [M]. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 2009.
- [22] 孙琴梅, 等. 工厂供配电技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.
- [23] 王晓丽, 等. 供配电系统 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.

本书从了解**电工电路图识图**基础开始，分别介绍了必须掌握的基本元件和器件，电气图识图，电子应用电路识图，建筑电气工程图识图，常用低压电器及控制电路图识图，电工测量电路图识图，供配电系统电气图识图等。全书原理详细、电路新颖、插图精美、资料珍贵、通俗实用。



地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037

电话服务
服务咨询热线：010-88361066
读者购书热线：010-68326294
010-88379203

网络服务

机工官网：www.cmpbook.com
机工官博：weibo.com/cmp1952
金书网：www.golden-book.com
教育服务网：www.cmpedu.com
封面无防伪标均为盗版



机械工业出版社微信公众号



E视界

传播电类内容提升专业技能



科技天眼

关注电类行业动态 聚焦前沿科技

上架指导 电工技术基础

ISBN 978-7-111-56268-9

策划编辑◎任鑫 / 封面设计◎马精明



ISBN 978-7-111-56268-9



9 787111 562689 >

定价：49.00元